



ANÀLISI DE LA CONSTRUCCIÓ AMB EARTHBAG I SUPERADOBE

TREBALL DE FI DE GRAU
ARQUITECTURA TÈCNICA

ALUMNE: RAMON LLIMÓS MONTAGUT
TUTORA: LÍDIA RINCÓN VILLARREAL

11 de JULIOL de 2013

ÍNDIX

0. PRÒLEG.....	11
1. INTRODUCCIÓ.....	15
1.1 OBJECTIUS I ABAST DEL TREBALL	15
1.2 HIPÒTESIS INICIALS A COMPROVAR.....	17
1.3 CONTINGUT DEL TREBALL	17
2. HISTÒRIA DE LA CONSTRUCCIÓ AMB TERRA I EARTHBAG	20
2.1 LES CONSTRUCCIONS AMB TERRA: ORIGEN I HISTÒRIA	20
2.2 LA REVOLUCIÓ INDUSTRIAL: FRÈ A L' ARTESANIA.....	25
2.3 UN NOU CONCEPTE: LA CONSTRUCCIÓ SOSTENIBLE.....	30
2.4 ELS SACS DE TERRA: ORIGEN I HISTÒRIA.....	34
2.5 EDIFICACIÓ AMB SACS DE TERRA: INICIS	43
2.6 EDIFICACIÓ AMB SACS DE TERRA: EVOLUCIÓ I MILLORA	46
3. ESTAT DE L'ART DE LA CONSTRUCCIÓ AMB EARTHBAG	55
3.1 ESTAT DE LA CONSTRUCCIÓ AMB EARTHBAG ARREU DEL MÓN	55
3.1.1 Cinc exemples de doms simples.....	57
3.1.2 Cinc exemples de doms complexos	72
3.1.3 Cinc exemples de construccions rectangulars.....	96
3.1.4 Cinc exemples de projectes notoris.....	118
3.2 ESTAT DE LA CONSTRUCCIÓ AMB EARTHBAG A ESPANYA	146
3.2.1 Restaurant Las Cúpulas	147
3.2.2 Projecte La Semilla	152
3.3 CONCLUSIONS DE L'ESTAT DE L'ART	157
4. ANÀLISI DEL SISTEMA CONSTRUCTIU EARTHBAG	161
4.1 TIPUS DE CONSTRUCCIONS	161
4.1.1 Construccions Cupulars	161
4.1.2 Construccions Rectangulars.....	164
4.1.3 Construccions Mixtes.....	166
4.2 SISTEMES CONSTRUCTIUS.....	168
4.2.1 Mètode Earthbag	170
4.2.2 Mètode Superadobe.....	172
4.2.3 Mètode Hiperadobe.....	173

4.2.4	Comparant els mètodes	175
4.3	MÈTODE CONSTRUCTIU.....	176
4.3.1	Materials de construcció.....	176
4.3.2	Elements auxiliars	184
4.3.3	Eines i maquinària.....	185
4.4	PROCÉS CONSTRUCTIU.....	197
4.4.1	Fases del procés	197
4.4.2	Projecte	198
4.4.3	Treballs previs.....	200
4.4.4	Fonamentacions	201
4.4.5	Estructura vertical.....	205
4.4.6	Estructura de coberta.....	213
4.4.7	Instal·lacions.....	214
4.4.8	Fusteries	219
4.4.9	Aïllaments e impermeabilitzants.....	221
4.4.10	Revestiments i pintures	222
4.4.11	Paviments i acabats	225
4.4.12	Últims detalls	228
4.4.13	Manteniment.....	230
5.	CONSTRUCCIÓ TEÒRICA D'UN HABITATGE DE SUPERADOBE.....	232
5.1	Condicionants de la construcció	232
5.2	Disseny i construcció de l'habitatge	232
5.3	Amidaments i pressupost.....	234
5.4	Resultats i comparatives	235
5.5	Conclusions de l'apartat	237
6.	CONCLUSIONS GENERALS DEL TREBALL.....	239
6.1	Avantatges.....	239
6.2	Desavantatges	239
7.	BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA.....	241
8.	ANNEXOS DEL TREBALL.....	242
8.1	Diccionari de termes	242
8.2	Entrevistes realitzades.....	243
8.2.1	Entrevista a Bárbara Mas, representant del grup Domoterra.....	243

8.2.2	Entrevista a Alberto Aguado, propietari del restaurant Las Cúpulas.....	251
8.3	Visita a un edifici de superadobe	254
8.4	Càlculs de l'apartat 5.....	259
8.4.1	Càlcul del volum de terra estructural	259
8.4.2	Càlcul de revestiments i pintures	261
8.4.3	Càlcul dels paviments i terres.....	263
8.4.4	Càlcul de la partida de mur de superadobe	264
8.4.5	Comprovació de la transmitància tèrmica.....	269
8.5	Pressupost de l'apartat 5.....	275
8.5.1	Pressupost de les partides	275
8.5.2	Pressupost total	279
8.6	Plànols de l'apartat 5.....	280

ÍNDIX DE TAULES

<i>Figura 186.</i>	Taula esquemàtica sobre els tipus de terra i el seu ús.....	206
<i>Figura 222.</i>	Taula de coeficients de conductivitat tèrmica.....	270

ÍNDIX DE FIGURES

<i>Figura 1.</i> Restes ceràmiques datades del 20.000 a. C.....	20
<i>Figura 2.</i> Excavació de Mehrgarh, construïda amb adob.....	22
<i>Figura 3.</i> Jaciment del Període Yangshao.....	22
<i>Figura 4.</i> Porta d'Ishtar (575 a. C.) al museu de Berlín.....	23
<i>Figura 5.</i> Gran Muralla Xinesa, construïda amb tapia al seu pas per Jiayuguan.....	24
<i>Figura 6.</i> Una de les ciutadelles de Chan Chan.....	24
<i>Figura 7.</i> Façana de la Borough House Plantation.....	26
<i>Figura 8.</i> Disseny de la locomotora Rocket, creada al 1829.....	27
<i>Figura 9.</i> Exemple de producció en sèrie al sector tèxtil.....	27
<i>Figura 10.</i> Fàbrica de maons de finals del segle XIX.....	29
<i>Figura 11.</i> Nk'Mip, Desert Cultural Center, construït al 2006.....	32
<i>Figura 12.</i> Dom construït amb el sistema earthbag.....	33
<i>Figura 13.</i> Fortificació de sacs de terra durant la Guerra Civil Americana.....	35
<i>Figura 14.</i> Primera trinxera amb sacs de terra (Batalla de Magersfontain).....	35
<i>Figura 15.</i> Soldats britànics a primera línia durant la Primera Guerra Mundial (França).....	36
<i>Figura 16.</i> Interior de la catedral d'Amiens, reforçada amb sacs de terra (1918).....	36
<i>Figura 17.</i> Centre de Comunicacions improvisat (Platja de Normandia, 1944).....	37
<i>Figura 18.</i> Petita construcció amb sacs de terra (Guerra del Vietnam 1968).....	38
<i>Figura 19.</i> Tanc Sherman cobert amb sacs de terra.....	38
<i>Figura 20.</i> Inundació del riu Mississippí (1927).....	39
<i>Figura 21.</i> Sacs de terra contenenent un desbordament.....	40
<i>Figura 22.</i> Barreres de sacs de terra per a frenar l'erosió de la pluja.....	41
<i>Figura 23.</i> Big-bags de sorra disposats per a prevenir l'erosió de la platja.....	42
<i>Figura 24.</i> Construcció militar feta amb sacs Hesco.....	42
<i>Figura 25.</i> L'enginyer Gernot Minke treballant en un dom amb bales de palla.....	44
<i>Figura 26.</i> Nader Khalili a l'institut Cal-Earth, fundat al 1991 per ell mateix.....	48
<i>Figura 27.</i> Estabilització exterior amb morter de ciment.....	50
<i>Figura 28.</i> Cúpula construïda amb sac continu.....	51
<i>Figura 29.</i> Dom construït amb earthbag vist des de l'interior.....	52
<i>Figura 30.</i> Sacs de teixit raschel o de reixeta, per a hiperadobe.....	53

<i>Figura 31.</i> La caseta de jardí d' Owen Geiger.....	57
<i>Figura 32.</i> Construcció 30cm per sota del nivell del terreny.....	58
<i>Figura 33.</i> Encofrat de la porta amb un pneumàtic usat.....	59
<i>Figura 34.</i> La Honey House un cop acabada.....	60
<i>Figura 35.</i> La Honey House vista des de l'interior.....	61
<i>Figura 36.</i> Encofrat amb motlles de fusta i fals sostre de fusta.....	62
<i>Figura 37.</i> La sala de meditació d'earthbag.....	63
<i>Figura 38.</i> Motlle de fusta de la finestra.....	64
<i>Figura 39.</i> Formigonera per a fer la barreja.....	64
<i>Figura 40.</i> Vista posterior de la casa Averbuch.....	66
<i>Figura 41.</i> Altell de fusta per accedir a la terrassa.....	67
<i>Figura 42.</i> Entrada a la casa.....	68
<i>Figura 43.</i> Interior de la casa.....	68
<i>Figura 44.</i> Els Punish Studios, prop de la seva finalització.....	69
<i>Figura 45.</i> Els diferents encofrats que es van utilitzar.....	70
<i>Figura 46.</i> Arrebossant amb morter sobre tela de galliner.....	71
<i>Figura 47.</i> La casa consta d'un dom central i dos doms laterals.....	72
<i>Figura 48.</i> Casa en construcció. S'observa l'àtic del dom central.....	74
<i>Figura 49.</i> Àtic del dom gran.....	74
<i>Figura 50.</i> Petita oficina al dom lateral.....	75
<i>Figura 51.</i> La casa de Tim Hall, a Hawaii.....	76
<i>Figura 52.</i> Plànols de la casa d'earthbag de Tim Hall.....	77
<i>Figura 53.</i> Instal·lació elèctrica.....	78
<i>Figura 54.</i> Permís d'obres (el primer a Hawaii per a construcció earthbag).....	79
<i>Figura 55.</i> Clínica mèdica construïda amb superadobe.....	80
<i>Figura 56.</i> Construcció de la clínica duta a terme per la fundació MyShelter.....	81
<i>Figura 57.</i> Guia metàl·lica per a construir la volta.....	82
<i>Figura 58.</i> Filades d'earthbag on s'ha retirat la capa de sac.....	83
<i>Figura 59.</i> Edifici en l'actualitat, en evident estat de deteriorament.....	83
<i>Figura 60.</i> Centre comunitari d'earthbag amb tres sistemes constructius.....	85
<i>Figura 61.</i> Plànols de distribució del projecte.....	86
<i>Figura 62.</i> Construcció de l'edifici amb estructures auxiliars de fusta.....	87
<i>Figura 63.</i> Maqueta del projecte.....	88

<i>Figura 64.</i> Plànol de secció i cotes del projecte.....	88
<i>Figura 65.</i> Dones treballant en la construcció dels doms.....	89
<i>Figura 66.</i> Casa Vergara a Bogotá, un cop acabada.....	90
<i>Figura 67.</i> Plànol de secció 1:50.....	91
<i>Figura 68.</i> Seccions constructives dels dos doms.....	91
<i>Figura 69.</i> Plànol de distribució de la casa.....	92
<i>Figura 70.</i> Formigonat de la solera per a l'estructura mixta.....	92
<i>Figura 71.</i> Preparació del forjat que fa de sostre pla.....	93
<i>Figura 72.</i> Sala d'estar amb llar de foc.....	94
<i>Figura 73.</i> Cambra de bany.....	95
<i>Figura 74.</i> Casa rectangular d'earthbag d'Alison Kennedy.....	96
<i>Figura 75.</i> Estructura de la casa (earthbag no estructural).....	97
<i>Figura 76.</i> Alison Kennedy aplicant la tècnica del fresc a la façana.....	98
<i>Figura 77.</i> Contraforts d'earthbag.....	99
<i>Figura 78.</i> Cuina de l'habitatge.....	99
<i>Figura 79.</i> La casa de Baraka, orientada a sud per a captar radiació.....	100
<i>Figura 80.</i> Imatge de la casa on s'aprecien tant la forma circular com la Rectangular.....	101
<i>Figura 81.</i> Revestint les façanes de l'habitatge amb papercrete.....	102
<i>Figura 82.</i> Escola d'earthbag a Phuleli, Nepal.....	103
<i>Figura 83.</i> Esquema de l'excavació del talús i detall constructiu.....	104
<i>Figura 84.</i> Estructura de fusta de la teulada. Es pot apreciar el cercol de formigó sota.....	105
<i>Figura 85.</i> Interior de la teulada i vista de la classe acabada.....	106
<i>Figura 86.</i> Revestint les parets amb morter, usant tela de galliner.....	106
<i>Figura 87.</i> Vilatans nepalesos tamisant la terra excavada.....	107
<i>Figura 88.</i> Vista exterior de l'edifici a Gainesville, quasi enllestit.....	109
<i>Figura 89.</i> Llit de grava i làmines impermeabilitzants recobrint els primers sacs.....	110
<i>Figura 90.</i> Interior de l'edifici des d'on s'observa l'estructura de fusta.....	111
<i>Figura 91.</i> Revestiment exterior d'adob dels murs exteriors.....	112
<i>Figura 92.</i> Vista interior de la casa un cop moblada.....	112
<i>Figura 93.</i> Retroexcavadora per a facilitar les feines pesades.....	113
<i>Figura 94.</i> Omplidora automàtica de sacs de terra.....	113

<i>Figura 95.</i> Vista del Sand Castle, edifici de dues plantes.....	114
<i>Figura 96.</i> Obertures en forma d'arc apuntat.....	115
<i>Figura 97.</i> Steve Kemble carregant la sorra blanca dragada.....	116
<i>Figura 98.</i> Construint l'estructura superior de fusta.....	117
<i>Figura 99.</i> Haití després del terratrèmol de 2010.....	118
<i>Figura 100.</i> Part inferior del mur feta amb earthbag.....	120
<i>Figura 101.</i> Clínica d'earthbag a la Petite-Riviere.....	120
<i>Figura 102.</i> El petit projecte experimental de Orange Tree Atelye.....	121
<i>Figura 103.</i> Construcció d'un dels edificis de l'escola.....	121
<i>Figura 104.</i> Test d'impacte per a avaluar un mur earthbag.....	122
<i>Figura 105.</i> Centre comunitari a Barriere Jeudy, prop de Leogane.....	123
<i>Figura 106.</i> Casa de Monique, a Bigones, prop de Leogane.....	123
<i>Figura 107.</i> Petita casa a Bois Marchand.....	124
<i>Figura 108.</i> Camp de refugiats a Bangnol.....	125
<i>Figura 109.</i> La Sun House, prop de Leogane.....	125
<i>Figura 110.</i> La caseta construïda a Petite Goave.....	126
<i>Figura 111.</i> Eugene i la seva família a la seva nova casa.....	127
<i>Figura 112.</i> Disseny digital del projecte de poblat ecològic.....	129
<i>Figura 113.</i> Plànol escala 1:100 de la planta dels habitatges.....	130
<i>Figura 114.</i> Plànol escala 1:100 de la secció dels habitatges.....	131
<i>Figura 115.</i> Imatge de l'edifici pilot finalitzat al 2009.....	132
<i>Figura 116.</i> Imatge de l'edifici durant la visita feta al 2012.....	132
<i>Figura 117.</i> El projecte Pegassus pretén construir varies escoles al Nepal.....	134
<i>Figura 118.</i> Treballs de construcció de l'escola.....	135
<i>Figura 119.</i> Els dormitoris dels nens, un cop enllestit l'edifici.....	136
<i>Figura 120.</i> La comunitat local es va bolcar en la construcció.....	136
<i>Figura 121.</i> El parc infantil de Hounslow està construït amb superadobe.....	138
<i>Figura 122.</i> Altres estructures d'earthbag construïdes al parc.....	139
<i>Figura 123.</i> Construcció dels doms del jardí infantil.....	140
<i>Figura 124.</i> Les estructures de superadobe encaixen perfectament en l'entorn verd.....	141
<i>Figura 125.</i> Camp de refugiats de Baninajar construït amb earthbag.....	142
<i>Figura 126.</i> Croquis fet a mà d'un refugi d'earthbag.....	143

<i>Figura 127.</i> Interior d'un dels refugis de Baninajar.....	144
<i>Figura 128.</i> El camp va ser un dels projectes pioners de Nader Khalili.....	145
<i>Figura 129.</i> El restaurant <i>Las Cúpulas</i> , construït amb superadobe a Palència.....	147
<i>Figura 130.</i> Planta de distribució del restaurant.....	148
<i>Figura 131.</i> Exterior del restaurant durant la seva construcció.....	149
<i>Figura 132.</i> Imatge de l'interior del restaurant.....	150
<i>Figura 133.</i> Logotip del restaurant.....	150
<i>Figura 134.</i> La Semilla, construïda amb superadobe a càrrec de Domoterra.....	152
<i>Figura 135.</i> La Semilla està integrada a la zona boscosa on s'ha construït.....	153
<i>Figura 136.</i> Plànol en planta de l'edifici.....	154
<i>Figura 137.</i> Plànol en secció de l'edifici.....	155
<i>Figura 138.</i> Dom de La Semilla durant el procés de construcció.....	155
<i>Figura 139.</i> Coronament d'una cúpula de superadobe.....	161
<i>Figura 140.</i> Els arcs i les cúpules resisteixen <i>grans esforços</i>	162
<i>Figura 141.</i> Nader Khalili ha estat un gran defensor dels doms en l'edificació.....	163
<i>Figura 142.</i> Habitatge d'earthbag de murs verticals amb coberta de fusta.....	164
<i>Figura 143.</i> Contrafort intern.....	165
<i>Figura 144.</i> Contraforts externs.....	165
<i>Figura 145.</i> Estructura mixta d'earthbag i formigó armat.....	166
<i>Figura 146.</i> Murs d'earthbag fent de tancament no estructural.....	167
<i>Figura 147.</i> Edifici rectangular d'earthbag.....	168
<i>Figura 148.</i> Edifici circular de superadobe.....	168
<i>Figura 149.</i> Edifici d'hiperadobe en construcció.....	169
<i>Figura 150.</i> Construcció d'una cúpula amb mètode earthbag.....	170
<i>Figura 151.</i> Col·locació del filferro espinós.....	171
<i>Figura 152.</i> Cèrcol perimetral sobre murs d'earthbag.....	171
<i>Figura 153.</i> Omplint el sac continu de superadobe amb ensacador.....	172
<i>Figura 154.</i> Trava vertical de filferro espinós.....	173
<i>Figura 155.</i> Treballadors construint una estructura d'hiperadobe.....	174
<i>Figura 156.</i> Replanteig de la fonamentació amb guix.....	177
<i>Figura 157.</i> Bobina de sac continu per a superadobe.....	178
<i>Figura 158.</i> Bobina de filferro espinós convencional.....	179
<i>Figura 159.</i> Malla de filferro (dreta) i malla plàstica (esquerra).....	181

<i>Figura 160.</i> Revestit interior del mur d'earthbag.....	181
<i>Figura 161.</i> Paviment interior d'un dom acabat amb parquet.....	182
<i>Figura 162.</i> Exterior de llosetes de pedra rejuntades amb morter de calç.....	182
<i>Figura 163.</i> Instal·lació de sanitaris i embellidors al bany.....	183
<i>Figura 164.</i> Jardinera de superadobe.....	184
<i>Figura 165.</i> Anella giratòria.....	185
<i>Figura 166.</i> Esquema de la cadena central o radial.....	186
<i>Figura 167.</i> Esquema de la cadena perimetral o de cúpula.....	187
<i>Figura 168.</i> Excavació de la fonamentació amb pic.....	188
<i>Figura 169.</i> Barrejant l'argamassa al carretó.....	189
<i>Figura 170.</i> Construïnt filades amb un ensacador metàl·lic.....	189
<i>Figura 171.</i> Piconant una filada de superadobe.....	190
<i>Figura 172.</i> Exemple de premarc clavat al mur de superadobe.....	191
<i>Figura 173.</i> Petita excavadora excavant els fonaments.....	193
<i>Figura 174.</i> Formigonera barrejant adob.....	194
<i>Figura 175.</i> Bolquet d'obra amb accessori.....	194
<i>Figura 176.</i> Gunitadora per a la projecció de morters.....	195
<i>Figura 177.</i> Polvoritzadora de pintura a pressió.....	195
<i>Figura 178.</i> Màquina ensacadora.....	196
<i>Figura 179.</i> Realització dels treballs previs.....	200
<i>Figura 180.</i> Replanteig dels fonaments amb guix.....	201
<i>Figura 181.</i> Excavació manual d'una rasa de fonamentació.....	202
<i>Figura 182.</i> Fonamentació amb llit de grava.....	202
<i>Figura 183.</i> Làmina impermeabilitzant entre filades.....	203
<i>Figura 184.</i> Passa-tubs en el mur estructural de superadobe.....	204
<i>Figura 185.</i> Esquema de l'estructura teòrica d'un dom.....	205
<i>Figura 186.</i> Taula esquemàtica sobre els tipus de terra i el seu ús.....	206
<i>Figura 187.</i> Comprovació simple del contingut d'argila de la terra.....	206
<i>Figura 188.</i> Comprovació simple de la dosificació de la barreja.....	207
<i>Figura 189.</i> Exemple de construcció amb ensacadora.....	208
<i>Figura 190.</i> Exemple de construcció sense mitjans auxiliars.....	209
<i>Figura 191.</i> Exemple de com acomodar bé la filada que fa de llinda.....	210
<i>Figura 192.</i> Compactació d'una filada de superadobe.....	210

<i>Figura 193.</i> Esquema de filada amb doble línia de filferro espinós.....	211
<i>Figura 194.</i> Esquema d'una trama vertical de filferro espinós.....	212
<i>Figura 195.</i> Corriola per hissar cubells o eines en treballs d'altura.....	214
<i>Figura 196.</i> Regates fetes a la primera capa de morter.....	215
<i>Figura 197.</i> Diferents tipus d'ancoratges possibles.....	216
<i>Figura 198.</i> Esquema d'un possible pas d'instal·lacions.....	216
<i>Figura 199.</i> Instal·lació fixada directament sobre els sacs.....	217
<i>Figura 200.</i> Esquema i exemple de platina de fusta.....	217
<i>Figura 201.</i> Esquema d'instal·lacions ancorades amb platina.....	218
<i>Figura 202.</i> Fals terra de la cuina d'un dom.....	218
<i>Figura 203.</i> Premarc metàl·lic ancorat directament al mur.....	219
<i>Figura 204.</i> Platines de fusta per als premarcs.....	220
<i>Figura 205.</i> Marcs instal·lats sobre el revestiment.....	220
<i>Figura 206.</i> Superfícies homogeneïtzades amb adob.....	222
<i>Figura 207.</i> Aplicació de la primera capa de revestiment.....	223
<i>Figura 208.</i> Exterior de l'edifici un cop aplicat l'enlluït.....	223
<i>Figura 209.</i> Exterior de l'edifici un cop aplicada la capa de pintura.....	224
<i>Figura 210.</i> Paviment exterior de pedra rejuntada amb morter de calç.....	225
<i>Figura 211.</i> Paviment exterior de llambordins sobre llit de sorra.....	225
<i>Figura 212.</i> Capa de grava per evitar la capil·laritat.....	226
<i>Figura 213.</i> Detall constructiu de tres tipus de terres d'argila enlluïda.....	226
<i>Figura 214.</i> Enlluït d'argila natural pintat de color groc.....	227
<i>Figura 215.</i> Paviment interior de rajoles de gres.....	227
<i>Figura 216.</i> Paviment interior de lloses de formigó.....	228
<i>Figura 217.</i> Paviment interior de parquet.....	228
<i>Figura 218.</i> El mobiliari forma part dels treballs finals.....	229
<i>Figura 219.</i> Elements exteriors decoratius de jardineria.....	229
<i>Figura 220.</i> Col·locació del lluernari a sobre de la cúpula.....	230
<i>Figura 221.</i> Façana principal del restaurant.....	257
<i>Figura 222.</i> Interior del restaurant.....	257
<i>Figura 223.</i> Barra del restaurant.....	257
<i>Figura 221.</i> Equivalència d'altura de cúpula a altura de cilindre.....	260
<i>Figura 222.</i> Taula de coeficients de conductivitat tèrmica.....	270

0. PRÒLEG

Amb aquest treball es pretén donar a conèixer un mètode constructiu relativament nou, però que és ecològic i que té bones perspectives de futur. És important que coneguem i difonguem les armes contra el canvi global que ens amenaça, i que tots, col·lectivament o individualment, afegim el nostre gra de sorra a la causa d'un món més equilibrat i racional amb la natura i respectuós amb el medi ambient.

El treball també pretén assolir una meta escala general. A continuació, es detallen quins són aquests objectius i s'expliquen amb més profunditat:

- Crear consciència ecològica:

Es conegut per tothom, que l'ésser humà està vivint a un ritme que el planeta Terra no pot mantenir. S'ha de fer front a problemes cada cop més coneguts, com són la desforestació de boscos i selva, la contaminació de l'aire i de l'aigua, la caça i pesca desmesurades en alguns llocs del planeta, el escalfament global... Tot això fa que plantejar-nos el futur de la humanitat sigui tot un repte.

Arran d'aquestes problemàtiques a escala global, cap als anys seixanta va començar a crear-se el que coneixem avui en dia com el moviment ecologista. L'ecologisme no es res més que un moviment social e inclús polític, que te reconeixement i afiliacions a nivell global.

L'ecologisme planteja una millor gestió dels recursos globals que tots utilitzem, i aposta per la conservació del medi ambient. Aquest moviment ha trobat la seva escletxa pràcticament en tots els àmbits socials i laborals. Per exemple, avui en dia podem trobar conreus ecològics, vehicles ecològics i un sens fi de petits moviments que han crescut i han pres força dins de molts sectors. S'ha descobert que pràcticament qualsevol tasca es pot realitzar de forma ecològica, o procurant reduir el seu impacte mediambiental.

Hi ha qui creu que l'ésser humà aconseguirà canviar el plantejament dels recursos vigent, i que les persones aprendrem a fer les coses d'una manera més adient per a preservar l'ecosistema i el planeta.

D'altres, pensen que hi ha molts interessos i poders obstaculitzant els processos ecologistes, i creuen que els governs són incapaços de gestionar aquest ús que s'està fent de la terra. De fet, alguns fins i tot parlen de que s'aproxima la fi de la humanitat, inclús del planeta Terra.

Però lluny de voler crear un debat ideològic, el que aquest treball pretén, és centrar-se en una de les rames de l'ecologisme: la construcció ecològica. I més concretament, la construcció amb terra.

- Valorar la construcció tradicional:

Val a dir que fa no tants anys, els nostres avis no edificaven amb els mateixos materials que utilitzem actualment. Tampoc usaven les mateixes tècniques. Els materials naturals s'han anat substituint d'un temps enrere fins a l'actualitat, i com a conseqüència aquests processos constructius també han canviat.

A més, l'estil de vida accelerat de la societat moderna, amb els seus horaris ajustats, en els que sovint tenen prioritat la velocitat de construcció i els resultats abans que els procediments, ajuden a que aquests processos es modernitzin més ràpidament, normalment passant per alt la vessant ecològica.

Per posar un exemple, un habitatge unifamiliar fa un segle, segurament es faria amb pedra, fusta i ceràmica, o inclús amb terra. Tots aquests són materials de poc impacte ecològic i de poca energia embeguda. Segurament, estarien fets amb mitjans manuals, es a dir, sense màquines de combustió interna. Això fa que es tardi més a construir, però també que es faci sense processos contaminants.

En canvi a l'actualitat, un habitatge unifamiliar es faria segurament amb formigó, acers, plàstics, i normalment altres morters o una gran quantitat de peces ceràmiques com a revestiment. Aquests materials no són naturals, i l'energia i cost de crear-los és alt. A més els processos de creació solen ser contaminants i poc respectuosos amb el medi ambient.

Per si no fos poc, la gran part de l'obra es duria a terme amb mitjans mecànics, com ara excavadores, formigoneres, camions... que si bé és cert que són necessaris per a reduir la duració de l'obra, contaminen el medi ambient amb la seva producció de CO₂.

Per tant podem observar que els nostres avis, tot i viure en un món poc científic i modern, vivien d'una forma més ecològica i natural, sense malmetre el planeta a una escala tan gran com l'actual. És important que ens fixem en la construcció passada per a redefinir la construcció actual, ja que està esdevenint insostenible.

- Potenciar la construcció ecològica:

La construcció ecològica, si bé no pretén eradicar els materials actuals ni els processos constructius, sí que planteja un ús més racional d'aquests materials i tècniques. També pretén reincorporar tots aquests materials naturals, que per raons econòmiques o funcionals s'havien anat deixant de banda. Un altre dels seus objectius és millorar o modificar els processos constructius per a fer-los més sostenibles.

Com es veurà, un dels materials més infravalorats és la pròpia terra, un material del qual gaudim en abundància, fàcil d'extreure i d'incorporar a la construcció i reintegrable al medi ambient un cop acabada l'obra.

- Examinar la construcció amb sacs de terra:

Aquest treball es centrarà en un tipus concret de construcció amb terra: la construcció amb sacs de terra, també anomenada construcció earthbag.

La construcció amb sacs de terra és una pràctica poc estesa, ja que la construcció tradicional amb terra mai ha incorporat sacs per als seus procediments. No obstant això, és una pràctica que està emergint en algunes zones del món, sobretot en països en vies de desenvolupament, principalment degut a la facilitat de construcció i el seu baix cost.

Durant el desenvolupament del treball es podrà veure com aquest procediment constructiu amb sacs millora algunes de les propietats de les edificacions amb terra, i que obre un gran ventall de possibilitats a la construcció ecològica.

La construcció amb sacs de terra comença a investigar-se cap a la dècada dels seixanta, però no comença a ser rendible fins a temps bastant actuals (dècada dels noranta).

És un procediment molt recent, que no s'ha estès a la construcció professional com a tal, però que gaudeix de gran acceptació i extensió entre la comunitat ecològica de tot el món. A l'actualitat, s'estan duent a terme molts projectes en diversos països, i es postula com una de les tècniques que poden invertir la balança ecològica a favor de l'ecosistema.

- Difondre la construcció amb sacs de terra:

L'objectiu últim d'aquest treball és la difusió de la construcció earthbag, presentant un punt de partida per a que després tots els interessats que ho desitgin puguin aplicar aquesta informació a l'hora de projectar un habitatge, d'assessorar constructivament, o d'elegir els materials amb els que es volen construir l'edifici.

Des del sector de la construcció com arquitectes, arquitectes tècnics, promotors, constructors... fins a persones particulars, tenen les pàgines d'aquest treball obertes a la seva disposició per a conèixer més sobre aquest mètode constructiu.

L'interès està en que aquest mètode constructiu es difongui, es desenvolupin projectes amb ell, es millori, es professionalitzi, i que la construcció amb earthbag arribi a ser una construcció d'àmbit professional i coneguda per la gent dedicada a la construcció.

1. INTRODUCCIÓ

En aquest apartat, es descriuran els objectius i l'abast del treball, i tot seguit s'explicarà de quins apartats consta el treball i què conté cada un d'ells, per a resumir al lector la informació de la recerca, i per a que es pugui trobar la informació de forma senzilla.

1.1 OBJECTIUS I ABAST DEL TREBALL

Primerament, en aquest projecte, es persegueixen diversos objectius, que són bastant concrets, i s'aniran desenvolupant i ampliant durant el transcurs del treball. Els objectius principals són els següents:

- Observar i analitzar la història de la construcció amb terra, per a veure per quin motiu la terra i les pràctiques constructives amb terra es van anar deixant de banda.
- Donar un cop d'ull als avantatges que tenia la construcció amb terra, així com els seus inconvenients.
- Analitzar la construcció amb sacs de terra; Descobrir quins són els seus inicis i qui va potenciar aquest mètode constructiu, i com ha evolucionat fins a la actualitat.
- Examinar els projectes amb construcció earthbag i superadobe¹ que s'estan fent a diversos llocs del món, i les característiques tècniques i constructives. Veure de quins tipus n'hi ha, les seves peculiaritats, formes, etc.
- Analitzar el sistema constructiu, per a veure els diferents materials que es poden usar en aquest tipus de construcció, els sistemes o tècniques existents per a construir, la tipologia dels habitatges que es poden construir amb sacs de terra, i els diferents tipus de combinacions estructurals que admet el sistema.
- Establir de forma esquemàtica la metodologia constructiva amb el sistema superadobe: els materials necessaris, les eines, les diferents tècniques constructives i els passos a seguir.

¹ Per a conèixer el significat d'earthbag i de superadobe veure l'Annex 7.1 al final del treball.

- Realitzar una construcció teòrica d'un edifici de superadobe, per analitzar les virtuts i les debilitats d'aquest mètode d'una forma quantificable, i veure quines són les seves possibilitats reals, tant en l'aspecte constructiu com en l'econòmic, l'ecològic i el normatiu. La construcció inclourà plànols, càlculs i altres documents necessaris per a desenvolupar-lo, que s'inclouran com a annex al final del treball.
- Establir valors quantificables sobre la construcció amb superadobe, com ara ritmes de treball, preus per metre quadrat, comparatives de preus, etc. a partir dels càlculs i el pressupost dels annexos.
- Examinar si les construccions amb superadobe es poden adaptar a la normativa constructiva espanyola, especialment al CTE o si necessiten rebre modificacions respecte de com es construeixen normalment.
- Extreure unes conclusions generals del conjunt del treball, tant del seu procés de realització com del sistema constructiu amb sacs de terra. Resumir les conclusions per a facilitar al futur lector un punt de vista personal i transparent sobre la construcció amb earthbag o superadobe, i també sobre la realització d'un treball d'aquestes característiques.
- Incloure càlculs, plànols i preus que puguin ser útils per a oferir al lector informació rigorosa sobre el mètode superadobe, i en general, de qualsevol tipus de construcció amb sac de terra.
- Realitzar una visita de camp a un edifici de superadobe, per a poder veure en persona una construcció d'aquest tipus i descriure el procés.
- Realitzar algunes entrevistes a persones relacionades amb la construcció de superadobe, per a poder conèixer opinions de persones que hagin tingut contacte real amb aquesta tècnica constructiva.

1.2 HIPÒTESIS INICIALS A COMPROVAR

Durant el desenvolupament del treball també es pretén donar resposta a algunes qüestions que ens podem fer sobre la construcció amb sacs de terra. Aquestes preguntes no s'aniran esmentant de forma concreta durant el treball, sinó que es pretén que es vagin resolent per si soles, a través de la informació que es va incorporant i treballant al projecte.

Algunes d'aquestes preguntes poden ser:

- Realment les construccions de terra i d'earthbag es poden dur a la pràctica de forma factible?
- Són realment segures i còmodes les construccions amb earthbag?
- Quines normatives emparen la construcció amb earthbag?
- Quins materials són els correctes i els necessaris per a construir amb earthbag?
- Quan pot valer construir un edifici amb earthbag?
- Quina durabilitat tenen els habitatges construïts amb aquest mètode?
- Quant de temps es necessita per a construir-ne un?

Aquest tipus de qüestions són només un exemple de les preguntes de caràcter genèric que el lector es pot estar fent quan inicia la lectura del treball. Es pretén que amb la informació continguda en el projecte aquestes preguntes es resolguin de forma satisfactòria.

1.3 CONTINGUT DEL TREBALL

- En primer lloc el document conté un pròleg on s'explica la intenció que té el treball i els objectius generals que pretén aconseguir.
- Seguidament ve la introducció (Apartat 1), on es defineixen més concretament els objectius i l'abast del treball, les hipòtesis inicials que es volen comprovar, i on s'explica el contingut general del projecte.
- El treball conté quatre apartats principals, que conformen el gruix temàtic del document. Aquests apartats i els seus continguts es defineixen a continuació:

- El primer apartat (Apartat 2) parla de la història de la construcció amb terra. Explica l'evolució de la construcció i com la construcció amb terra es va anar deixant de banda a mesura que les solucions constructives s'industrialitzaven.

També explora el món de la construcció amb sacs de terra, investigant on van sorgir per primer cop aquest tipus de construccions i com han anat evolucionant fins arribar a l'actualitat.

- El següent apartat (Apartat 3) examina l'estat de l'art de la construcció amb sacs de terra, és a dir, quins edificis s'han construït amb sacs de terra i quins projectes s'han estat fent arreu del món amb aquest sistema constructiu.

Conté un recull d'exemples d'edificis de diferents tipologies: en primer lloc edificis simples (d'una cúpula), en segon lloc edificis més complexos formats per diverses cúpules, i per últim edificis de sacs de terra amb forma rectangular. També recull cinc projectes de major envergadura realitzats amb el mètode constructiu de sacs de terra.

Per últim en l'apartat s'examinen dos edificis ubicats a l'estat espanyol que han estat construïts amb superadobe. Al final de l'apartat també es realitzen unes breus conclusions a partir de tot el material examinat al llarg de l'apartat, per ordenar les idees.

- En el següent apartat (Apartat 4) s'analitza el sistema constructiu amb sacs de terra. En primer lloc s'analitzen constructivament els tres tipus principals de construcció segons la forma: serien les construccions cupulars, les construccions rectangulars i les construccions d'estructura mixta.

A continuació s'analitzen els diferents sistemes de construcció amb sacs de terra i es realitza una comparativa constructiva entre ells. També s'examinen els materials de construcció, els elements auxiliars necessaris, i les eines i maquinària necessàries per a construir amb aquest tipus de sistemes.

Per últim s'analitzen les fases del procés constructiu de les construccions amb sacs de terra, per a definir els diferents estadis de l'obra i les tasques que es realitzen en cadascun d'ells.

- L'últim apartat de contingut (Apartat 5) compren el projecte teòric d'un habitatge construït amb sacs de terra. Es defineix com serà l'habitatge, les seves característiques i context, el seu disseny i com es construirà, i també es realitzen els amidaments de les diferents partides d'obra per a elaborar un pressupost final.

Aquest projecte teòric pretén descobrir el cost aproximat d'un edifici construït amb sacs de terra, així com altres dades interessants com ara el temps de construcció, el nombre de persones necessàries per a dur a terme els treballs, i altres elements com ara estadístiques i repercussions per metre quadrat.

Per últim l'apartat inclou les conclusions extretes del treball teòric realitzat, valorant els resultats obtinguts i analitzant-los.

- El treball també inclou un últim apartat de conclusions generals, on s'analitzen els objectius inicials del treball per a comprovar si les hipòtesis de partida eren certes o si pel contrari cal rectificar-les. També s'hi troben les conclusions personals de l'elaboració d'aquest treball, explicant el parer i les opinions personals de l'autor un cop tot el treball ha estat realitzat.
- Tot seguit es dedica un apartat a l'exposició de la bibliografia i la webgrafia que ha servit de font de consulta per a realitzar el treball i desenvolupar-lo.
- Per últim trobem els annexos, que inclouen diversos documents addicionals que enriqueixen el treball però que no formen part del contingut principal. Als annexes s'hi troba un petit diccionari de termes per a orientar al lector en alguns termes propis de l'argot de la construcció amb sacs de terra, un parell d'entrevistes a persones relacionades amb el món de la construcció amb sacs de terra, la descripció d'una visita realitzada a un edifici de sacs de terra, i també els amidaments i el pressupost de l'apartat 5 del treball. Per últim a l'annex s'hi inclouen diversos plànols del projecte teòric de l'apartat 5.

2. HISTÒRIA DE LA CONSTRUCCIÓ AMB TERRA I EARTHBAG

2.1 LES CONSTRUCCIONS AMB TERRA: ORIGEN I HISTÒRIA

Des de fa mil·lennis, la terra ha estat present en l'activitat de l'home. L'home va utilitzar el terreny, la terra, per a cultivar i conrear plantes i arbustos, més endavant la terra va esdevenir el suport i fonamentació dels habitatges. Aquestes eren èpoques en les que la terra jugava més aviat un paper passiu en el desenvolupament humà, ja que no s'utilitzava com a matèria primera, solament com a suport per a la producció d'aliments i per suportar habitatges.

No obstant això, la seva fàcil obtenció, la seva gran quantitat i les seva docilitat en estar barrejada amb aigua, aviat li van atorgar un paper actiu en les diferents civilitzacions. El primer ús actiu de la terra, va ser l'ús d'argiles i fang per a formar recipients, tasses, cassoles i altres estris de la vida quotidiana. S'han trobat restes d'olles i tasses datades en més de deu mil anys d'antiguitat².



Figura 1. Restes ceràmiques datades del 20.000 a. C.

Però la terra també va anar adquirint una altra aplicació: com a element per a la construcció dels habitatges. Segurament el seu primer ús en l'habitatge va ser crear parets d'entrada a les coves on habitaven els nostres ancestres³. A mesura que l'ésser humà va anar tornant-se sedentari, va començar a construir cases. Els materials de construcció eren diversos: fusta, pedra, pells, però també terra.

² www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/06/120628_ceramica_antigua_china_cocina_alcohol_jgc.shtml

³ Gabriel Pons (San Salvador, 2001) "La tierra como material de construcción"

Les tècniques primitives de construcció de murs amb terra van començar sent rudimentàries. Segurament consistien en un sistema similar al *cob*⁴, un sistema constructiu que consisteix en construir un mur de terra amb una barreja de fang i palla, col·locada directament sobre un llit de roques i aixecada manualment sense ajut d'encofrats ni mitjans similars, amb una baixa compactació. Poc a poc les tècniques van anar evolucionant, fins a ramificar-se en dos estils diferenciats: l'adob o maó d'adob, i la tàpia.

El maó d'adob és una extensió i perfecció del sistema del cob. En lloc de crear el mur amb l'argamassa de fang i palla de forma directa, primer es transforma i se li dona forma de maó. Això permetia una fàcil col·locació i la seva forma permetia construir murs ben aplomats i més ben acabats. Es podien utilitzar en sec, tot i que a vegades també s'unien amb fang per a una millor cohesió.

La tapia en canvi, parteix d'un plantejament diferent. Parteix de la base de la construcció in-situ del mur, amb l'argamassa, és a dir, sense peces o maons. La tècnica consisteix en formar encofrats de forma perimetral al mur, i anar-los omplint amb argamassa, alhora que el conjunt es va compactant.

Aquest mètode també presenta avantatges respecte al mètode primitiu, ja que com amb el mètode del maó d'adob, els murs quedaven rectes i les parets planes, ja que adoptaven la forma de l'encofrat. A més, aquests sistema permetia un alt nivell de compactació i això el consolidava molt més. Aquesta tècnica també permetia la utilització de materials cohesius com la palla durant l'execució.

S'han trobat vestigis d'edificacions construïdes amb terra com a material principal que daten del període neolític, es a dir, de varis mil·lennis abans de Crist, com per exemple l'assentament de Mehrgarh, construït amb un sistema constructiu similar als maons d'adob, que va ser habitat entre el 7.000 i el 3300 a. C.⁵

Un altre exemple el trobem a les regions arqueològiques de Yangshao i Longshan, on s'han trobat vestigis de construcció amb el sistema de tapia (terra compactada) datades al 5.000 a. C., segons el llibre *Chinese Architecture*.

⁴ www.networkearth.org/naturalbuilding/history.html

⁵ Gregory Possehl (1996), "Mehrgarh, Oxford Companion to Archaeology", Ed. Brian Fagan, Oxford

La mateixa publicació explica que sobre el 2.000 a. C. les tècniques constructives amb tàpia eren usades de forma habitual per a construir murs i fonaments⁶.



Figura 2. Excavació de Mehrgarh, construïda amb adob.



Figura 3. Jaciment del Període Yangshao.

⁶ Nancy Shatzman (2002), "Chinese architecture". Ed. New Haven, Yale. Pag. 12–14, 21–22

Des d'aquella època en endavant, la construcció amb terra ha seguit sent una constant al llarg de molts segles, passant a través de diferents cultures i imperis.

Per exemple és coneguda la història bíblica del poble d'Israel, a qui els Egipcis van sotmetre i obligar a fabricar maons d'adob amb fang i palla⁷. Una altra potència mundial que va emprar tècniques constructives amb terra va ser Roma, que utilitzava una tècnica de tàpia amb encofrats molt similar a l'actual.

La civilització mesopotàmica també va utilitzar terra per a construir maons d'adob, ja que altres materials com la fusta i la pedra es trobaven en zones fora del seu domini. També van ser una de les primeres civilitzacions en emprar maó cuit i maó vidriat. Aquest últim era un element decoratiu d'especial bellesa, amb el qual es va edificar construccions com la mateix Porta d' Ishtar⁸.



Figura 4. Porta d'Ishtar (575 a. C.) al museu de Berlín.

Altres exemples de civilitzacions que van interactuar amb la terra com a element constructiu son l'antic imperi xinès, on trobem la Gran Muralla Xinesa, construïda parcialment amb tapia. També trobem exemples de construcció amb terra a l' Amèrica precolombina, on podem trobar monuments com el Temple del Sol, un temple asteca el nucli del qual està construït amb adob⁹.

⁷ La Bíblia, Éxodo 1:14 Traducción Nuevo Mundo

⁸ <http://proteus.brown.edu/mesopotamianarchaeology/699>

⁹ www.construtierrez.org/construtierrez_construir_con_tierra.html



Figura 5. Gran Muralla Xinesa, construïda amb tapia al seu pas per Jiayuguan.

Una altra ciutat precolombina construïda amb adob és la de Chan Chan, un complex format per petites ciutats, que va ser la capital de l'antic imperi chimú. Es considera una de les ciutats construïdes amb adob més gran del món, i encara avui dia es poden contemplar les seves grans muralles de terra, ornamentades amb sanefes¹⁰.



Figura 6. Una de les ciutadelles de Chan Chan.

Tant la tàpia com l' adob, així com altres tècniques minoritàries, van anar perfeccionant-se i millorant fins al segle XX, deixant molts edificis emblemàtics al seu pas, com l' Alhambra de Granada, la Gran Mezquita de Djenné, la ciutat iraniana d'Argé Bam, i molts altres edificis o llocs que encara avui en dia perduren habitables.

Al segle XX les tècniques constructives amb terra s'utilitzaven a les zones rurals majoritàriament, però també en algunes ciutats. La terra seguia sent un material constructiu amb el qual es feia l'estructura vertical de moltes cases.

¹⁰ www.naya.org.ar/peru/chanchan.htm

Durant el segle XXI la construcció amb terra s'ha anat deixant de banda, sobretot als països desenvolupats, fins al punt que ha esdevingut una construcció molt minoritària. En altres indrets, sobretot en països en vies de desenvolupament on el preu de materials de construcció convencionals és massa elevat, es segueixen utilitzant de forma habitual les tècniques constructives amb terra.

Tot seguit s'analitzarà el panorama de la construcció amb terra al segle XX, per veure quines són les causes del seu abandonament, i també quines en són les seves conseqüències.

2.2 LA REVOLUCIÓ INDUSTRIAL: FRÈ A L'ARTESANIA

Les tècniques constructives amb terra van seguir sent importants fins a mitjans del segle XX. Si fem una ullada al segle XIX, podem veure com encara es construïa amb terra en molts llocs. De fet, les tècniques com la tapia i el maó d'adob es van anar estenent a molts països degut a les seves avantatges tèrmiques, la fàcil obtenció dels recursos i el seu cost econòmic.

A Estats Units durant aquest període, la tapia es va popularitzar en gran manera gracies al llibre *Rural Economy* de S.W. Johnson. El mètode va ser empleat per construir molts edificis, com per exemple la Borough House Plantation i l'església Church of the Holy Cross al sud de Califòrnia, ambdós edificis d'alt valor històric.

Lluny de créixer, entre la Primera i la Segona Guerra Mundial, l'interès en la tapia va créixer, i es van estar duent a terme molts estudis sobre aquest mètode constructiu i les seves aplicacions¹¹. Durant aquest període, la tècnica també es va popularitzar al Canadà.

A Espanya, la construcció amb terra també seguia popularitzada sobretot en els barris més pobres, on els materials de construcció i els mitjans tècnics per utilitzar altres tècniques no estaven a l'abast de la població.

¹¹ www.nationalregister.sc.gov/sumter/S10817743001/



Figura 7. Façana de la Borough House Plantation.

Al Madrid del segle XVIII un dels materials constructius utilitzats per la noblesa menor i per a les cases més humils era el maó d'adob. Els maons d'adob es feien emmotllant la barreja de fang i palla en motlles conformatos amb fusta, i després s'assecaven al sol per a ser aparellats als murs de les cases. La terra utilitzada provenia de la ribera del riu Manzanares. Els blocs d'adob van ser utilitzats en l'edificació madrilenya fins a finals del segle XVIII¹².

A la resta d'Espanya també seguia present la construcció amb maó d'adob i amb tapia, sobretot en les zones rurals, però també a les ciutats en menor quantitat. S'utilitzava sobretot per a edificis d'ús agrícola, com també la pedra. Alguns exemples segueixen vigents en l'actualitat, i conformen un paisatge d'arquitectura amb terra per gran part del territori rural de l'estat espanyol.

Durant la primera revolució industrial (segona meitat del segle XVIII a principis del segle XIX) l'economia basada en el treball manual va ser substituïda per processos mecànics, que abaratien costos i afavorien una major producció de material. Durant aquest període es va mecanitzar la producció de molts materials, com els teixits, el vidre, el paper i els maons, i es van desenvolupar els processos del ferro¹³.

¹² Jean François Peyron, (Londres, 1789), "Travels in Spain, Vol. 3"

¹³ www.gestiopolis.com/Canales4/factoria/91.htm

Es milloren molt les rutes de transport i apareix el ferrocarril, un mitjà de transport que aconsegueix abaratir molt els transports a mitjana i llarga distància.

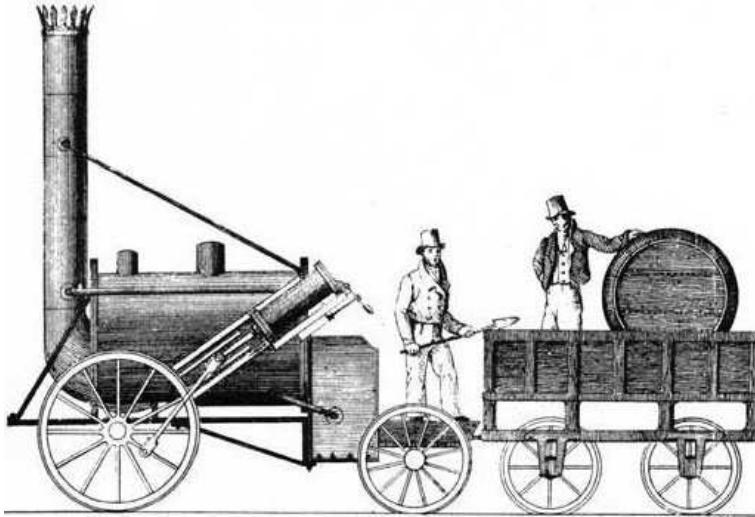


Figura 8. Disseny de la locomotora Rocket, creada al 1829.

Figura 9.
Exemple de producció en sèrie al sector tèxtil.



Tot aquest conjunt de factors, fa que processos com la construcció amb tapia (procés manual i que requereix tècnica) i com el maó d'adob (considerat inferior al maó ceràmic) quedessin relegats del procés i per tant cada cop es construís menys amb

terra. Tot i així, la construcció amb terra va seguir sent l'únic mitjà de la classe baixa per a construir habitatges fins a mitjans del segle XX.

Tot i que les tècniques constructives amb terra i les de maó ceràmic havien coexistit durant milers d'anys, durant la primera revolució industrial, i sobretot a Gran Bretanya, el maó ceràmic passa a formar part d'un procés de fabricació en sèrie. Això abarateix el seu cost, permet una producció en massa capaç de satisfer la demanda elevada d'habitatge, i junt amb l'arribada del ferrocarril, fa que els costos de transport baixin també, col·locant el maó ceràmic com una alternativa més ràpida, barata, i de major qualitat que les construccions amb terra.

El maó ceràmic es considera l'evolució del maó d'adob, donat que es basen en el mateix concepte de la utilització de fang argilós per a l'execució de murs, tot i que l'adob no experimenta canvis fisicoquímics ja que no rep cocció. El maó ceràmic en canvi, és una versió irreversible de l'adob, i es cou a altes temperatures, cosa que li confereix una major resistència, però que també fa que el material sigui menys ecològic.

A partir del segle XIX la construcció amb maó augmenta i es popularitza, sent un dels elements més habituals en la construcció d'habitatges durant tot el segle XX. Més endavant, la segona revolució industrial (mitjans del segle XIX fins a principis del segle XX) expandeix encara més la industrialització per tota Europa, i novament la industrial metal·lúrgica i els transports ferroviaris sofreixen un gran desenvolupament.

Durant aquest període es desenvolupa un nou material de construcció, el formigó, un material petri d'elevada resistència a compressió i emmotllable, al qual se li podia donar la forma que hom desitgés durant el seu estat líquid. Emergeix com un material innovador i de possibilitats infinites. També augmenta l'ús del ferro i l'acer en les estructures dels habitatges, i poc a poc pren forma l'ús del formigó armat, que obrirà un nou ventall de possibilitats a la construcció mundial.



Figura 10. Fàbrica de maons de finals del segle XIX.

Aquests nous materials propiciaran que les construccions amb formigó armat i també amb maons de ceràmica desbanquin a passos agegantats a les tradicionals -i segons el punt de vista de l'època, antiquades- construccions amb terra, fins a pràcticament convertir-les en un vestigi d'una època anterior.

A més, la seva massificació i producció en sèrie, acabaran d'asfixiar la construcció artesanal amb terra, fins al punt que a mitjans del segle XX la construcció amb terra passarà a ser d'una proporció residual.

De forma similar, als Estats Units l'interès en les construccions amb terra i particularment en la tapia van desaparèixer després de la Segona Guerra Mundial, ja que els costos dels materials de construcció moderns van caure en picat. A partir d'aleshores la construcció amb terra va començar a adquirir mala fama, com per exemple que era de mala qualitat i requeria massa manteniment comparada amb materials de construcció més recents.

Aquesta massiva aplicació de les tècniques constructives modernes va fer que la construcció amb terra pràcticament desaparegués, i que les persones que coneixien la tècnica anessin sent cada cop menys.

La construcció amb terra va començar a ser rebutjada per contractistes, enginyers i constructors, ja que la majoria no estaven familiaritzats amb aquestes tècniques¹⁴.

Podem afirmar, doncs, que als països desenvolupats, altres tècniques constructives més industrialitzades van anar desbancant la construcció amb terra. Aquests mètodes resultaven més senzills d'executar, més ràpids i barats, i en la majoria de casos, tenien una millor resistència als esforços que la terra.

No obstant això, cal que ens plantegem si les construccions amb terra eren realment antigues i obsoletes. Si van deixar de respondre a les necessitats de la societat, i per què ho van fer.

Molta gent afirma que la construcció amb terra està antiquada i que no pot respondre a les necessitats de la societat actual. Creuen que no són tan segures i eficients com les construccions modernes, i en general es percep la visió de que són menys durables als efectes climàtics i ambientals.

2.3 UN NOU CONCEPTE: LA CONSTRUCCIÓ SOSTENIBLE

És cert que la construcció amb terra sempre ha estat el material de construcció dels pobres, i que les seves capacitats portants no són tan elevades com les dels materials desenvolupats tecnològicament. No obstant això, una visió en profunditat sobre la construcció amb terra, mostra que segueix sent una construcció que dona bons resultats.

En primer lloc, s'ha de reconèixer que la terra com a element estructural, no permet construir edificis igual d'alts que altres tipus d'estructures, i tampoc permet les mateixes possibilitats arquitectòniques. Aquest ha estat un factor clau en el seu abandonament.

Però plantegem-nos la següent qüestió: dintre de les seves possibilitats constructives, era un mètode constructiu eficient? Sembla que finalment ens hem adonat que sí que és així.

¹⁴ Robert Cassell (2001, Ashland) "A Traditional Research Paper: Rammed Earth Construction"

Tot i que la societat actual tendeix a rebutjar tot el que prové de l'antiguitat, i a aferrar-se a les coses noves, pràcticament sempre arribem a la conclusió que els nostres avantpassats no feien les coses perquè sí.

El cas de la construcció amb terra, no és una excepció. Els murs de terra, tenen una gran inèrcia tèrmica, que significa que a l'estiu les construccions de terra mantenen una temperatura més fresca que altres tipus de construccions, i que a l'hivern, pel contrari, són capaces d'emmagatzemar l'escalfor diürna i retenir-la durant les nits. A més, la gran densitat dels murs de terra, a part d'aïllar tèrmicament, també permeten un bon aïllament acústic.

Veient el ventall de possibilitats que la construcció amb terra segueix tenint, moltes persones s'han esforçat per mantenir les tècniques ancestrals de construcció, i també analitzar i avaluar les possibilitats d'adaptació de la construcció amb terra a la societat moderna.

A propòsit d'aquest anàlisi i de la investigació de noves formes d'adaptació de la terra a la construcció, ha aparegut un nou moviment constructiu, el qual ha proporcionat un nou valor afegit a la construcció amb terra, que havia estat obviat fins ara.

Es tracta de la construcció sostenible, i pretén conscienciar de la necessitat de desenvolupar una construcció més sostenible i natural, menys contaminant, tant durant la construcció de l'edifici com pels efectes que generarà quan estigui en funcionament (ja sigui d'habitatges, fàbriques, magatzems...).

Persegueix tres objectius bàsics: analitzar el cicle de vida dels materials, desenvolupar l'ús de matèries primeres i d'energies renovables i la reducció de la quantitat de materials i l'energia necessària per extreure els recursos naturals utilitzats a la construcció, així com el seu posterior reciclatge¹⁵. Aquest moviment ressalta una premissa oblidada i passada per alt durant molt de temps.

La necessitat de recuperar tècniques naturals, dutes a terme amb productes de fàcil obtenció, extrets directament de la natura, i posats a favor de la construcció mitjançant tècniques poc contaminants i de poc consum energètic.

¹⁵ Gauzin-Müller (2002). "Arquitectura ecológica". Ed. Gustavo Gili, Barcelona

Per tant la terra cobra valor de dues maneres: en primer lloc, trobem en la terra un material de fàcil i ràpida obtenció, de font inesgotable, i totalment natural. Per un segon costat, tenim unes tècniques tradicionals de construcció que són senzilles però ben pensades, són naturals, i no necessiten processos de fabricació costosos.

Imaginem per exemple que un habitatge construït amb superadobe o earthbag convencional arriba al final de la seva vida útil. Trobem que podem retornar la gran part de terra feta servir directament a la naturalesa sense malmetre-la ni contaminar-la.

Així, en la última dècada, observem un ressorgiment de certes tècniques ancestrals, que tenien com a objectiu una construcció natural i eficient climàtica i tèrmicament, duta a terme amb materials i tècniques naturals, que eviten contaminació i residus producte de la construcció de l'edifici i del seu propi funcionament posterior. Podem dir que les construccions de terra han adquirit un interès arquitectònic i ecològic, i que s'estan recuperant algunes formes de construcció amb terra.

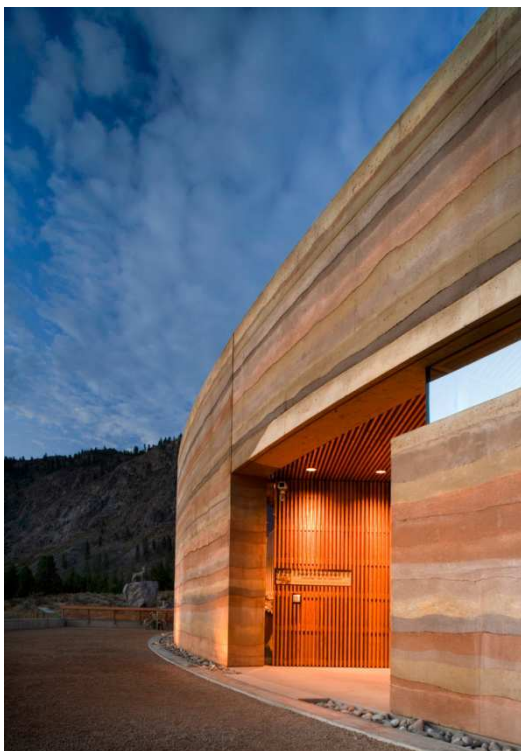


Figura 11. Nk'Mip,
Desert Cultural Center,
construït al 2006.

Tot això ens porta també a una millora tecnològica dels mètodes de construcció rurals, adaptant-los als nous temps per aconseguir estructures i edificis més eficients i de més qualitat.

S'han renovat i perfeccionat algunes tècniques constructives amb terra, com els murs de tapia i també els blocs d'adob. També s'han implementat a aquestes tecnologies nous coneixements per a millorar-les. Durant les últimes dècades també han sorgit algunes variants de construcció amb terra, com és la construcció mitjançant sacs de terra (també anomenada earthbag).

El sistema de construcció earthbag consisteix en utilitzar sacs de terra per a construir murs estructurals, que sovint adquireixen forma de cúpula¹⁶.

Les tècniques que s'han ideat són diverses i comporten solucions constructives diverses i naturals. Aquesta tècnica també s'ha anat millorant progressivament per a fer-la més eficient i ecològica.



Figura 12. Dom construït amb el sistema earthbag.

A continuació s'analitzarà d'on sorgeix la idea de construir amb sacs de terra i per què. Es veurà quines millores comporta la construcció earthbag respecte de la construcció amb terra convencional, i quins desavantatges té. També es podrà comprovar com ha anat millorant el sistema earthbag durant els últims anys.

¹⁶ (Rob Wainwright (2008) "Building an Earthbag Dom")

2.4 ELS SACS DE TERRA: ORIGEN I HISTÒRIA

Tot i que es sol pensar que els sacs de terra van començar a usar-se a la Primera Guerra Mundial, el cert és que els inicis del sac de terra (per a ús bèl·lic) daten de principis del segle XIX. En aquella època s'estaven deixant enrere les armes medievals convencionals, i la pólvora estava obrint un nou camí cap a l'ús de projectils i explosius.

Els típics murs medievals, fets de pedra, eren incapaços d'aguantar bombardejos prolongats. L'esforç econòmic, físic i temporal que suposava construir murs de pedra suficientment gruixuts per resistir bales de canó, comportava que aquest tipus de murs cada cop fos més ineficaç.

Quan es va experimentar amb els sacs de terra, es va comprovar que proporcionaven una major resistència a les bales i la metralla que la terra simplement amuntegada o els murs de pedra.

Al contrari que la pedra, la terra era capaç d'absorbir els impactes de projectils, dissipant-ne l'energia i sense crear metralla (com podia passar en el cas de murs de pedra). Això, junt amb el seu baix cost i la seva facilitat constructiva, van fer que es comencessin a utilitzar com a parapet.

El sac de terra com a tal es va començar a fer servir durant les guerres napoleòniques, on s'enviava cada soldat francès amb un sac de terra buit que podia utilitzar un cop al camp de batalla per a construir trinxeres¹⁷.

Tot i que van ser originalment concebuts per a substituir els murs de pedra, ràpidament van passar a complir una funció de fortificació temporal durant les campanyes d'avançada de l'exèrcit.

Durant la guerra civil americana o de secessió (1861-1865) també es van utilitzar com a parapet per a resistir les bales de canó.

¹⁷ www.dailykos.com/story/2009/07/18/754890/-NFTT-Fill-The-Sandbags-Edition



Figura 13. Fortificació de sacs de terra durant la Guerra Civil Americana.

Cap a finals de segle XIX, la batalla de Magersfontain (1899) va enfrontar als nadius Bòers i els colons anglesos, acabant amb la supremacia de l'imperi britànic a Sud Àfrica¹⁸.



Figura 14. Primera trinxera amb sacs de terra (Batalla de Magersfontain).

Gràcies a l'estratègia de les trinxeres amb sacs de terra, els bòers van guanyar la batalla, que va ser decisiva per aconseguir pocs anys més tard que l'imperi britànic abandonés el país definitivament.

¹⁸ www.samilitaryhistory.org/vol015br.html



Figura 15. Soldats britànics a primera línia durant la Primera Guerra Mundial (França).

Tot i així és cert que l'ús dels sacs de terra a les trinxeres es popularitza durant la Primera Guerra Mundial (1914-1918). En aquesta guerra, on bona part de les batalles transcorrien en trinxeres, els sacs de terra van ser una bona solució com a barrera de protecció. La seva alta densitat els feia útils per a contenir explosions, trets i molts cops també ajudaven a l'estabilitat dels talussos de les trinxeres¹⁹.

L'ús de sacs de terra permetia guanyar altura defensiva, ja que la terra extreta anava formant un nivell superior, de forma que s'arribava abans a cobrir l'altura de parapet. A les ciutats, els sacs de terra també van servir per a protegir les façanes i les estructures dels edificis més importants i emblemàtics, donada la seva capacitat tan alta d'absorbir impactes.



Figura 16. Interior de la catedral d'Amiens, reforçada amb sacs de terra (1918).

¹⁹ www.firstworldwar.com/atoz/sandbags.htm

Com que la terra es posava en sacs, el seu transport era senzill i el podien dur a terme una o dos persones, a la vegada que també es podia treballar amb cadenes humanes transportant sacs des del seu lloc d'omplert fins a la seva ubicació final. Aquesta facilitat d'extracció i transport van influir molt en el seu ús.

A més, degut a la compactació que rebien en ser col·locats, gaudien de més estabilitat que murs de pedra seca o d'altres materials, més difícils de manipular i treballar en construcció, i que a més podien tenir la contrapartida de convertir-se en metralla en cas de que una bomba o un obús hi caigués a prop, i ferir o matar als propis soldats que les havien col·locat.

Més endavant, durant la Segona Guerra Mundial (1939-1945) el seu ús va continuar estenent-se, adquirint una nova funció: en casos que requerien la construcció ràpida d'un centre de comandament o campaments de caràcter temporal, es podien construir els murs amb sacs de terra. Aquesta pràctica es va començar a desenvolupar degut a que la Segona Guerra Mundial ja no era una guerra de trinxeres, sinó que tenia molts més matisos i les batalles eren molt més variades. La tècnica de construcció amb sacs de terra es va estendre en la seva plenitud a la Guerra del Vietnam, ja que moltes de les batalles es trobaven en la jungla i calia improvisar molts campaments.



Figura 17. Centre de Comunicacions improvisat (Platja de Normandia, 1944).

Figura 18. Petita construcció amb sacs de terra (Guerra del Vietnam 1968).



Com a curiositat, durant la Segona Guerra Mundial també es van emprar els sacs de terra com a "segona cuirassa" d'alguns tancs de blindatge baix, com ara els Sherman, tot i que no va ser una mesura gaire efectiva ja que afegia pes al vehicle i no es podien protegir les cadenes²⁰.



Figura 19. Tanc Sherman cobert amb sacs de terra.

²⁰ Richard P. Hunnicut (1976), "Sherman: A History of the American Medium Tank". Ed. Presidio Press, Novato)

Figura 20. Inundació
del riu Mississippí
(1927).



Un altre ús molt estès dels sacs de terra, el trobem en la contenció d'inundacions o riudes. Un dels exemples més primerencs d'aquest nou ús va succeir al 1927, quan les fortes pluges que hi va haver a l'Estat de Mississippí al 1927 van provocar grans desbordaments i inundacions per part del riu Mississippí.

Una de les principals eines amb que es va fer front a les inundacions van ser els murs de contenció de sacs de terra, mètode que es va posar en pràctica arran de l'experiència adquirida amb sacs de terra durant la Primera Guerra Mundial²¹.

Un cop més, els sacs, fàcils d'omplir amb terra i de transportar amb cadenes humanes, van jugar un paper important en la contenció de les inundacions. La seva densitat els fa inamovibles en front de l'acció de les aigües, sempre i quan l'estructura que es construeix amb els sacs guardi unes proporcions correctes.

A més, l'auto compactació que reben en ser col·locats, ajuda a que l'aigua no s'escoli entre sac i sac i no es creïn fissures, cosa que no passaria amb una construcció en sec qualsevol. Evidentment els sacs de terra no retenen tota l'aigua. Un cop amerats, l'aigua pot traspasar el teixit i la sorra. No obstant, retenen la major part del flux i són capaços de desviar cabals sencers mentre a l'altre costat del mur simplement es formen tolls.

²¹ http://news.nationalgeographic.com/news/2001/05/0501_river4.html



Figura 21. Sacs de terra
contenent un
desbordament.

Per tant podem veure que els sacs de terra s'han empleat en l'àmbit bèl·lic per a protegir de bales i bombes i en el dels desastres naturals per a contenir inundacions. En ambdós casos la seva fàcil posada en obra i el seu cost econòmic han estat els motius principals del seu ús. Podem dir que en les dues vessants els sacs de terra han complert amb la seva funció, al menys de forma general, ja que en l'actualitat es segueixen utilitzant en guerres i conflictes armats i també en casos d'inundacions o desbordaments d'aigües.

La facilitat d'obtenció del recurs (terra i sacs) i facilitat de transport, individual o en cadena humana també han jugat un paper essencial en la seva posada a la pràctica. Es pot veure que els murs formats de sacs de terra treballen amb "l'efecte massa", és a dir, es mantenen fermes i rígides degut a l'alta densitat de la terra i la seva capacitat per esmorteir impactes.

Un altre aspecte remarcable es que la construcció de trinxeres o murs amb sacs de terra o arena no requereix d'una mà d'obra qualificada, ni tan sols d'argamasses, així que permet una ràpida construcció del mur o estructura, a mans de gent sense coneixements de construcció. Aquest es un fet crucial, ja que la maçoneria o l'obra de fàbrica funcionen amb argamasses d'unió i a més calen uns certs coneixements constructius i temps per a construir-los.

Una altra aplicació més recent dels sacs de terra és la de prevenir l'erosió per l'efecte de l'aigua. El procés consisteix en col·locar sacs de terra perpendiculars al curs erosiu de l'aigua. Els petits murets de sacs de terra ajuden a retenir la terra que s'escapa amb els torrents d'aigua, i per tant retarden l'erosió de la terra. Aquest mètode és només efectiu a curt termini, ja que no frena completament l'erosió sinó que l'alenteix. A llarg termini és una mesura poc efectiva.



Figura 22.

Barreres de sacs de terra per a frenar l'erosió de la pluja.

Una opció moderna per a avançar temps en la construcció de murs de contenció o parapets, és l'ús dels big-bags. Els big-bags són uns sacs d'un metre quadrat de planta aproximadament, i de dos metres d'altura.

Aquesta opció només té avantatges si hi ha un esforç en quant a maquinària darrere, ja que és un mètode que difícilment es pot dur a terme amb mitjans únicament humans.

Es necessita maquinària per a omplir els sacs i també pel seu transport. No obstant, si el perill d'inundació o d'atac (cas bèl·lic) no és imminent, poden ser una bona opció.



Figura 23. Big-bags de sorra disposats per a prevenir l'erosió de la platja.

Un sistema de construcció amb big-bag molt utilitzat és el Hesco. Hesco és un sistema de earthbag, que consisteix en una espècie de gàbia rectangular, similar al big-bag però amb major resistència. El sistema permet omplir ràpidament i apilar els sacs en forma de bloc.



Figura 24. Construcció militar feta amb sacs Hesco.

2.5 EDIFICACIÓ AMB SACS DE TERRA: INICIS

Com ja s'ha pogut veure en l'apartat anterior, el primer ús edificatori dut a terme amb sacs de terra era el de petits centres de comandament o petits campaments de caràcter temporal en l'àmbit bèl·lic.

També en un paper més passiu, el de protegir o sustentar edificacions en front a bombardejos. Tenint en compte aquests usos inicials, i veient els molts avantatges dels sacs de terra, podem concloure que valdria la pena trobar-li a aquesta tècnica edificatòria una possible via pràctica en el món de la construcció permanent i d'habitatge.

No podem comparar les característiques d'un habitatge permanent amb els primers centres de comandament temporals que es van fer amb sacs de terra. En primer lloc s'ha de comprendre que les guerres i els conflictes bèl·lics sovint exigien una ràpida posada en funcionament de la construcció.

La possibilitat de que la construcció fos atacada o destruïda era alta i les construccions eren temporals pel fet de que simplement eren necessàries per anar guanyant i guanyant terreny a l'enemic. Un cop la línia de front avançava, els petits centres improvisats anaven deixant-se enrere.

Per tant, cal pensar que en un període d'estabilitat social, es podrien construir edificis amb sacs de terra sense la velocitat que exigeix una guerra, amb més cura i amb materials més adequats, així com utilitzant revestiments i complements constructius per a l'edifici. Aquest factor és important, ja que simplement tenint en compte aquest factor, podem adonar-nos de que les construccions podrien millorar de forma molt substancial.

Un altre aspecte clau és el material de replè dels sacs. En els conflictes bèl·lics o les inundacions, degut a aquest factor de velocitat, els sacs s'omplien de la terra que es tenia més a mà, sense tenir en compte quina era la seva composició, ja que no es necessitava una durabilitat alta per a la construcció acabada.

Tot i així seria possible investigar i millorar la barreja del material de replè, com per exemple amb ciment o calç, cosa que li conferiria una major estabilitat i rigidesa i d'aquesta manera l'adaptaria millor a un ús de caràcter permanent.

Un cop acabada la Segona Guerra Mundial i entrant en un període de relativa calma mundial, els edificis amb sacs de terra van ser objecte de moltes investigacions, i poc a poc van començar a adquirir un reconeixement mundial com una possible solució a l'epidèmia mundial de la falta d'habitatges.

Un dels pioners en experimentar amb construccions de sacs de terra va ser l'arquitecte alemany Frei Otto, així com també Gernot Minke, el qual ha realitzat molts treballs utilitzant formes de cúpula (doms) construïdes amb diferents materials²².



Figura 25. L'enginyer Gernot Minke treballant en dom amb bales de palla.

No obstant això, el mètode de construcció amb sacs de terra més avançat i popularitzat en l'actualitat és el de Nader Khalili, qui va batejar a la barreja de terra que va idear amb el nom de superadobe (superadobe en anglès i en castellà).

S'ha donat una pinzellada a les propietats de les construccions amb terra i també a les propietats i punts forts de la construcció earthbag en alguns àmbits.

Vegem de forma detallada quins avantatges tenen els edificis construïts amb sacs de terra o construcció earthbag:

- En primer lloc, en estar fetes bàsicament de terra igual que les construccions de tapia o maó d'adob, mantenen una bona temperatura interior tant a l'estiu com a l'hivern.
- En segon lloc, la construcció amb sacs de terra és econòmica ja que la terra és un recurs assequible i si es té un terreny en propietat es pot extreure sense cost material.

²² Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer(2004) "Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques", pag. XI. Ed. New Society Publishers, Gabriola Island

- Es construeixen amb una tècnica senzilla que pot ser duta a terme per personal sense qualificació. Per fer-nos una idea del que implica, es podria fer un edifici entre quatre o cinc persones: una única persona que tingués coneixements i experiència en construcció, i les altres tres o quatre persones no en necessitarien.
- Es poden construir sense necessitat de gran maquinària, sinó que es pot dur a terme manualment per persones en pràcticament totes les fases de construcció. Evidentment la decisió d'utilitzar mitjans manuals o maquinària dependrà de les dimensions i característiques de la construcció i de la velocitat de construcció que es vulgui dur.
- Són edificis molt ecològics: amb materials naturals, com ara terra, calç i aigua, podem fer el replè dels sacs. Els sacs poden ser de roba o de polipropilè. A més com ja s'ha comentat, en el cas d'habitatges unifamiliars les labors no requereixen maquinària pesada i evitaren contaminació. Per si fos poc, una vegada esgotada la vida útil de l'edifici, es pot revertir la terra a la naturalesa de forma senzilla, o inclús aprofitar-la en una altra construcció earthbag.
- Si els sacs són d'un material impermeable però transpirable, podem obtenir una construcció de terra que no es desgastarà amb les pluges ni el vent. A més, amb un recobriment d'argamassa o estucat en la part exterior, es pot protegir els sacs de terra de l'efecte perjudicial de la llum del sol i de la pluja. Aquesta és un avantatge que no tenen els mètodes de construcció amb terra tradicionals, ja que sovint es desgasten per les condicions climàtiques i s'hi ha d'anar realitzant un manteniment.
- Cal remarcar un benefici interessant que el mètode earthbag ha aportat a la societat: la possibilitat de construir-te la teva pròpia llar. Donat que és un mètode que no requereix de mà d'obra qualificada i que en té prou amb un cap d'obra o persona experta en construcció per a aixecar un habitatge d'aquest tipus, el que molta gent està optant per fer és construir-la ella mateixa, amb la seva pròpia parella, família o amics, la qual cosa també repercuteix en un estalvi econòmic.
- S'ha convertit en un fenomen social i en una bonica forma de treballar en equip amb amics, de fomentar la col·laboració, l'esforç conjunt i l'amistat. Encara que

pugui semblar poc rellevant, s'han fet moltes llars particulars amb auto-construcció seguint aquest patró.

- La construcció earthbag promou l'habitatge unifamiliar amb espai verd al voltant, de manera que contribueix a una construcció més respectuosa amb el medi ambient i que fuig de l'aglomeració de les ciutats.
- Aquest tipus de construccions permeten absorbir material reciclat com ara residus ceràmics o graves en la composició de l'argamassa. No seria agosarat apuntar que un 20% del material de replè d'una d'aquestes construccions podria ser runa ben triturada i prèviament processada, cosa que ajudaria a absorbir les runes d'altres edificis. En edificis de caràcter temporal el percentatge pot ser molt major.
- Es converteixen en refugis ideals per a damnificats o gent desplaçada del seu país, donada la seva fàcil construcció, l'abundància de terra o runa i la poca tecnificació d'aquest tipus de construcció, que permet construir amb gent inexperta²³.

2.6 EDIFICACIÓ AMB SACS DE TERRA: EVOLUCIÓ I MILLORA

Amb el temps, la construcció amb earthbag ha anat millorant i adequant-se millor als habitatges estàndard. Les formes de construir amb sacs de terra han anat canviant, i podem trobar diverses tècniques diferents per a construir amb sacs de terra.

Tot i així la més popularitzada i emprada, així com efectiva, és la tècnica del superadobe. Consisteix en un sistema constructiu d'edificis en forma de dom o cúpula, mitjançant uns sacs de terra especials i una barreja especial de terra. La forma de cúpula li confereix major resistència i permet construir sense necessitat de forjats ni elements estructurals horitzontals.

Per a entendre d'on ve el mètode del superadobe, primer s'ha de conèixer al seu creador, Nader Khalili

²³ Emergency Sandbag Shelter Training Guide, by Cal-Earth Institute

Nader Khalili (1936 - 2008) va ser un arquitecte iranià que va rebre la seva filosofia i educació del seu país natal, Iran, i també de Turquia i Estats Units, on va treballar posteriorment i on va desenvolupar la seva carrera professional.

El 1970 es va llicenciar a l'Estat de Califòrnia i va exercir com a arquitecte als Estats Units i altres llocs. Khalili es va donar a conèixer amb l'innovador sistema "Earth-and-Fire", que consisteix en un mètode de construcció per a crear "cases ceràmiques". No obstant, el seu descobriment de més renom i més popular és la del Superadobe, un mètode de construcció que millora i facilita la construcció amb earthbag.

Per als seus dissenys es va inspirar fortament en les cases tradicionals del desert de la seva terra natal, Iran. Durant la seva vida va promoure intensament la construcció natural amb terra i el desenvolupament del tercer món. També va ser consultor de les Nacions Unides en matèria d'arquitectura amb terra, i va escriure diversos llibres a propòsit de la construcció amb terra²⁴.

Va començar a desenvolupar la tècnica del Superadobe al 1984, en resposta a una petició de la NASA per al disseny d'hipotètics assentaments humans a la Lluna i a Mart. Aquest projecte va ser completament teòric fins a la Guerra del Golf Pèrsic, quan els refugiats d'aquest conflicte van ser acollits a Iran.

Quan això va passar, Khalili es va associar amb el Programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament (PNUD), i l'Alt Comissionat de les Nacions Unides per als Refugiats (ACNUR) i va aplicar les seves investigacions sobre el superadobe als refugis d'emergència. Van acordar la construcció d'un grup de 15 cúpules (doms) que un cop dissenyades podrien haver estat repetides a milers.

El govern va desmantellar el campament anys més tard en finalitzar el conflicte. Des d'aleshores, el mètode de Superadobe ha estat objecte d'estudi i aplicació a països com Canadà, Mèxic, Brasil, Belize, Costa Rica, Xile, Iran, Índia, Sibèria, Mali y Tailàndia, així com als Estats Units i països de la Unió Europea.

Al 1991 va fundar l'institut Califòrnia Earth Art and Architecture (Cal-Earth), on es va dedicar a ensenyar la tècnica de construcció amb superadobe, mitjançant cursos, vídeos pràctics i publicant llibres²⁵.

²⁴ www.domoterra.es/blog/nader-khalili

²⁵ www.calearth.org

Tot i que el treball de Khalili va rebre un recolzament mixt al seu país natal, a Estats Units, possiblement degut als paradigmes socials i a la inestabilitat política, es va convertir en un líder prominent en arquitectura èticament basada, on les necessitats de les persones sense llar es consideren per sobre del demés.

Com ja s'ha comentat Khalili va escriure diversos llibres sobre la seva filosofia arquitectònica i tècniques, així com les traduccions de la poesia de Rumi, el poeta que ell considerava fonamental per a la seva inspiració. Nader Khalili va morir el 5 de Març del 2008 i va deixar un llegat per a tots aquells que com ell, creuen en una arquitectura i una construcció nobles i naturals, i que com ell confien en la part positiva de l'esperit humà.

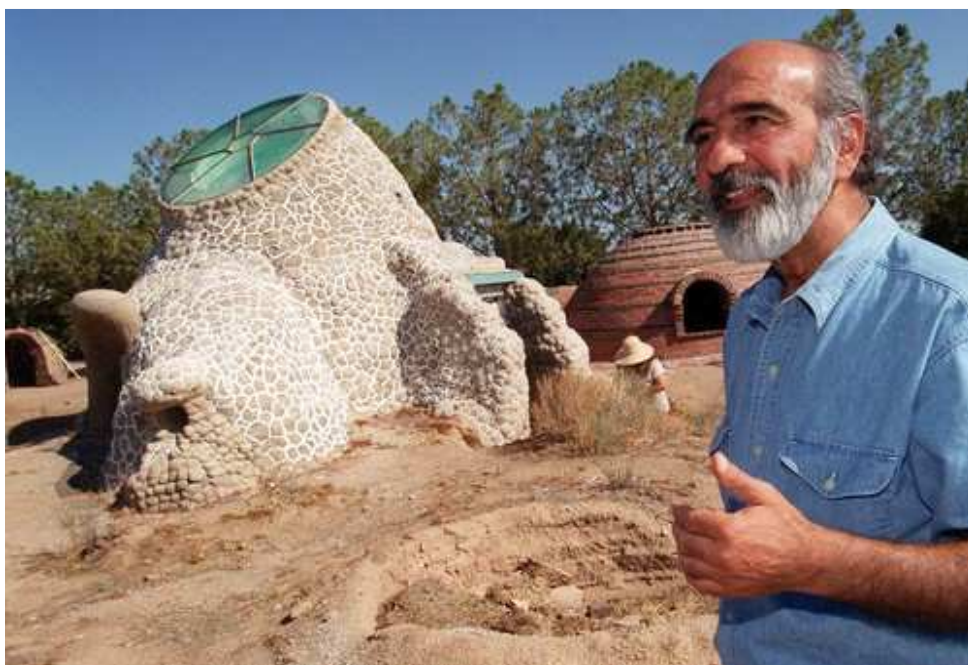


Figura 26. Nader Khalili a l'institut Cal-Earth, fundat al 1991 per ell mateix.

Després d'aquesta pinzellada de la biografia de l'autor de la tècnica, a les seves idees i les seves fites, cosa necessària per a poder estudiar la tècnica del Superadobe amb propietat s'ha de veure en detall aquest tipus de construcció.

En primer lloc, el superadobe és un sistema estructural o de tancament, basat en la construcció amb earthbag convencional. El superadobe serveix com a suport estructural per a qualsevol tipus d'habitatge, igual que el sistema earthbag convencional.

La tècnica va ser batejada amb el nom de “superadobe” pel seu creador, en al·lusió a les primeres cases d'adob construïdes pels colonitzadors espanyols a Califòrnia, que s'alimentaven d'energia pròpia i tenien una temperatura ideal gracies a una assenyada distribució dels espais i finestres.

No solament és considerat per molts un dels mètodes constructius més barats que existeix, sinó que també és un dels més pràctics per a realitzar construccions permanents, ecològiques i segures.

El sistema ideat per Khalili consisteix en el següent:

S'empra una barreja de terra amb un 30% d'argila i un 70% de sorra aproximadament. Aquest percentatge pot variar segons el tipus de terra de la zona.

Com a aspecte positiu podem dir que es pot afegir runa matxucada a la barreja sempre i quan no sigui de gran tamany, la qual cosa permet absorbir part dels costos de demolició d'edificacions anteriors, o inclús, dit en altres paraules, permetria assumir un cert percentatge de runa a les pròpies construccions, cosa que afavoreix el punt de vista ecològic i que és molt útil quan parlem de cases refugi en llocs devastats per terratrèmols o guerres.

Un altre aspecte a mencionar, és que la barreja es pot millorar barrejant-hi calç o ciment, tot i que el cost ecològic és més elevat, i la reinserció de la terra al seu lloc original és menys viable que si parlem de terra natural.

Si es desitja, la mescla també es pot estabilitzar amb palla, tot i que això farà que l'ompliment dels sacs sigui més complicat. Per suposat, també es poden estabilitzar els sacs amb una barreja exterior de terra amb cement, calç o palla.



Figura 27. Estabilització exterior amb morter de ciment.

Imaginem per exemple que un habitatge construït amb superadobe o earthbag convencional arriba a la seva vida útil. Si s'ha de construir un nou habitatge a damunt, podem utilitzar una gran part del material de l'edifici derruït, i la resta es pot integrar amb facilitat al medi ambient o a l'exterior de la parcel·la per a finalitats de reompliment de terres.

Fins aquí, es podria dir que l'aspecte de la mescla es pot aplicar a la construcció amb earthbag convencional, però no obstant va ser Khalili amb el seu mètode qui va estudiar a fons la mescla i la va proposar.

La diferència amb la construcció earthbag convencional, rau bàsicament en la forma de construcció. Mentre que la construcció earthbag consisteix en molts sacs ficats un sobre l'altre (similar als maons), el sistema Superadobe emplea uns sacs llargs, que poden anar des dels 230 metres fins als 2000 metres! També es fan de diferents diàmetres, segons el gruix de paret que es vulgui obtenir.

L'institut Cal-Earth els ofereix a la seva pàgina web, i es poden encarregar des de qualsevol part del món²⁶.

²⁶ www.calearth.org/shop/index.php?l=page_view&p=Unfilled-Superadobe-bag-rolls

L'ús de sacs continus, fa que la labor de construcció sigui molt ràpida i pràctica, cosa que no passa amb la construcció earthbag convencional. D'aquesta manera millora el rendiment de la construcció.

La longitud de sac necessari és fàcilment calculable establint el perímetre de l'edificació i multiplicant-lo per les filades que siguin necessàries.

Un factor que juga a favor del sac continu, és que el sistema superadobe està fonamentat i pensat per a construir "doms" o construccions en forma de cúpula.

Com que la forma no té arestes pronunciades sinó contorns circulars, es propicia la facilitat de construcció amb sac continu. En cas de construccions rectangulars també es pot emprar, però segurament no seria tan factible ni eficient.



Figura 28. Cúpula construïda amb sac continu.

Nader Khalili era un arquitecte que admirava els arcs i les voltes, i la cúpula és l'expressió màxima d'aquests elements. Es tracta d'una volta de canó que gira entorn d'un eix de revolució vertical.

Porta els esforços i les qualitats de l'arc de volta a tot l'espai, fent de la cúpula una estructura ampla i espaiosa però molt resistent.

L'ús d'aquesta forma en la construcció earthbag li atorga moltes qualitats, com ara capacitat de fer front a inundacions, terratrèmols o explosions, cosa molt difícil d'obtenir amb construccions rectangulars.

L'inconvenient de la construcció amb dom és evident: només es poden construir edificis d'una planta. No obstant això, està clar que si tots els habitatges poguessin ser de materials naturals i amb tan poca afectació ecològica com la que té la construcció amb superadobe, potser es podria estar parlant d'una construcció molt més unifamiliar i senzilla que la que coneixem actualment, amb blocs de pisos i amb processos constructius poc ecològics.

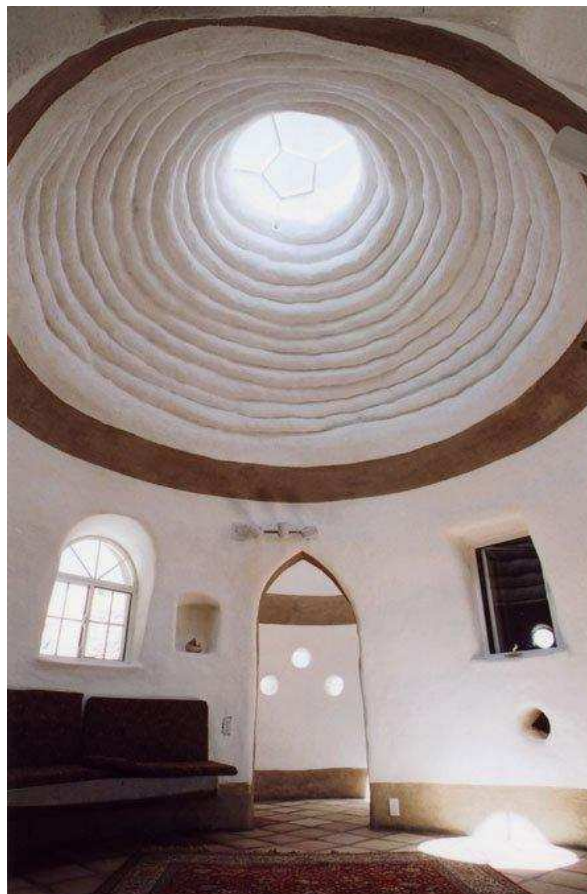


Figura 29. Dom construït amb earthbag vist des de l'interior.

Nader Khalili va investigar i desenvolupar la construcció amb earthbag i la va tecnificar amb l'ajut de sacs continus i amb la solució constructiva en forma de dom. Degut a la facilitat d'execució i també a la resistència d'aquest tipus d'habitatges, el sistema superadobe és el més estès i utilitzat per la gent que opta per la construcció earthbag.

Una nova modalitat experimental que ha aparegut més recentment és l'hiperadobe. L'hiperadobe ha estat desenvolupat i experimentat a Brasil per l'enginyer Fernando Pacheco, i l'objectiu del mètode és prescindir dels sacs de polipropilè i del filferro de pues que es fa servir per unir les filades.

Això s'aconsegueix utilitzant un altre tipus de sac, el sac de teixit "raschel", que no és res més que el teixit típic que s'utilitza per ensacar fruita o verdures, com per exemple patates.



Figura 30. Sacs de teixit *raschel* o de reixeta, per a hiperadobe.

El teixit raschel és un teixit molt porós, molt semblant a una ret. Això permet que un cop col·locades i compactades, les filades de terra quedin unides directament entre elles durant el seu estat pastós, ja que traspassen el sac. Això permet crear un mur monolític, i prescindir així dels sacs de polipropilè (plàstics) i dels filferros de pues.

Tot i que és un mètode en principi més ecològic que el superadobe, el cert és que és una tècnica amb un recorregut experimental molt curt, i de fet ni tan sols figura a la vikipèdia. A més, no queda clar si realment és un sistema més resistent i homogeni que el superadobe.

S'ha de tenir en compte que si no s'utilitzen sacs de polipropilè, l'efecte de les pluges pot desgastar els murs fàcilment, per la qual cosa s'han de revestir amb una solució tècnica que eviti de forma efectiva les filtracions d'aigua. Val a dir que en situacions d'inundacions o nivells d'aigua elevats durant molts dies, normalment el revestiment pot acabar desprenent-se.

En el cas del superadobe no hi ha problemes estructurals, ja que la terra està protegida pels sacs de polipropilè, però en el cas de l'hiperadobe, la terra dels murs es veuria afectada.

Respecte a aspectes pràctics, el sistema constructiu és igual al del superadobe. Es tracta d'anar fent filades de sac continu. Val a dir que el sistema hiperadobe es una mica més brut que el del superadobe, ja que a l'introduir la terra en un sac tan porós, es perd terra a través del sac, per tant la barreja ha de ser bastant seca si no es vol perdre la terra a través dels sacs.

Per tant podem dir que l'hiperadobe és un mètode més ecològic que el superadobe, però no obstant això no hi ha estudis que demostrin que sigui més resistent ni de major qualitat. A simple vista sembla que els avantatges ecològics que proposa el mètode no compensin els seus desavantatges en qüestió d'impermeabilitat i resistència a l'aigua i/o resistència mecànica.

No obstant això, es presenta com una alternativa al superadobe, i per tant com un tipus alternatiu de construcció earthbag, que com a tal mereix ser mencionat també en aquest apartat. El futur dirà si aquest mètode és realment bo i està a l'altura de la construcció amb superadobe.

3. ESTAT DE L'ART DE LA CONSTRUCCIÓ AMB EARTHBAG

3.1 ESTAT DE LA CONSTRUCCIÓ AMB EARTHBAG ARREU DEL MÓN

El mètode earthbag com ja s'ha mostrat a l'apartat històric, és un mètode que es popularitza inicialment als Estats Units. És per això que algunes de les majors fites constructives amb earthbag les trobem en aquest país. No obstant això, la tècnica earthbag, i concretament la de superadobe, s'han estès arreu del món, sobretot en països en vies de desenvolupament, però també en països desenvolupats, on s'han introduït com a construcció ecològica alternativa.

Amb aquest apartat es vol mostrar que la tècnica earthbag s'ha estès a molts països, independentment del clima, principalment pels seus avantatges ecològics i econòmics. També pretén demostrar que es poden fer construccions eficients i confortables, respectant la normativa vigent dels països on s'han construït.

S'analitzaran les construccions de més ressò en el panorama internacional, mencionant-ne les seves particularitats i examinant-les detingudament.

Tot i ser mètodes poc coneguts, s'han construït una gran quantitat de cases amb earthbag o superadobe, per la qual cosa no es poden mostrar tots els projectes que hi ha arreu del món. No obstant, s'ha tractat de fer un recull de les més singulars, de forma que puguem veure construccions ubicades en països diferents, climes diferents, construïdes amb diferents sistemes constructius, per veure la varietat i versatilitat del mètode earthbag.

A internet es poden consultar molts tipus de cases earthbag, les seves principals característiques i les seves peculiaritats, amb reportatges fotogràfics de tot el procés edificatori, ja que la durada de la construcció sol ser curta, permet fer un seguiment de tota la obra amb facilitat.

Un exemple és www.earthbagbuilding.com, on podem trobar molts projectes fets amb earthbag, plànols, informació, vídeos relacionats amb el tema i molt més.

Per a facilitar la lectura d'aquest apartat, s'ha estructurat de la següent manera: en l'àmbit internacional, trobem quatre apartats: construccions circulars simples, construccions circulars complexes i construccions rectangulars.

En el quart apartat s'examinaran alguns projectes d'earthbag que han esdevingut rellevants en el món de l'earthbag, i que són de més complexitat que construir una simple dom d'earthbag.

Es pretén mostrar que les possibilitats amb l'earthbag també van més enllà de simples cases auto promogudes i unifamiliars, i que l'earthbag també pot servir per a reactivar poblats marginals, per a crear locals i negocis a un bon preu, o per a proporcionar edificis econòmics de caràcter humanitari.

Per últim, en aquest apartat també s'analitzen dues construccions que es troben a l'estat espanyol, i que en aquest cas corresponen a construccions circulars complexes. Es veurà perquè s'ha optat per aquest mètode i els beneficis que ha aportat aquest sistema constructiu al nostre país.

En resum, el que s'analitzarà en aquest apartat són construccions amb earthbag i superadobe de diferent complexitat i de diferents tamanys. Els edificis que s'examinaran no sempre tenen una funció d'habitatge, així que veurem altres usos d'un edifici construït amb earthbag.

Es donarà un cop d'ull als projectes més significatius del panorama mundial i de l'estatal, per a conèixer quines són les peculiaritats de les diferents construccions, qui les ha construït, i els beneficis que ha aportat aquest sistema constructiu.

3.1.1 Cinc exemples de doms simples

1. La caseta de jardí d'Owen Geiger



Figura 31. La caseta de jardí d'Owen Geiger.

a) Dades d'interès:

- **Constructor:** Owen Geiger
- **Tipologia d'edifici:** Caseta d'eines o refugi
- **Ubicació:** -
- **Superfície:** Uns 5m²
- **Any de construcció:** Abans del 2009
- **Pressupost de l'obra:** 300 dòlars (amb auto-construcció)
- **Duració de l'obra:** 14 dies
- **Mètode constructiu:** Earthbag i filferro espinós.
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Pneumàtics
- **Revestiments:** Morter de ciment
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** Els sacs s'han omplert amb la terra del propi terreny on es construïa.

b) Descripció general:

Es tracta d'una caseta experimental, que podria servir per a guardar eines de jardí o inclús com a refugi en cas de pluges fortes o tempestes. Esta construïda uns 30 cm per sota del nivell del terra, i d'aquesta forma la major part dels sacs es poden omplir amb la terra pròpiament desplaçada. La construcció està feta amb sacs convencionals, es a dir, individuals.



Figura 32. Construcció 30cm per sota del nivell del terreny.

Si algú vol experimentar amb earthbag, construir primer una caseta d'eines al jardí és una de les millors formes de practicar de cara a edificar una construcció més gran. La construcció de la caseta va suposar només un esforç econòmic de 300 dòlars.

La caseta té uns 5 m² de superfície útil, ideal per a guardar estris de jardineria. Un cop feta la construcció el sostre es cobreix de matèria verda, integrant-la perfectament al jardí o a qualsevol zona natural.

c) Punts d'interès:

- Una de les millors maneres d'adquirir experiència en l'earthbag és construir algun tipus de caseta de jardí o caseta experimental. És millor que els errors de la falta d'experiència es manifestin en una caseta secundària que en la construcció principal que es pretén construir.

- La duració de la construcció va ser de només 14 dies. Tot i que la font no especifica quantes persones hi van treballar²⁷.
- Owen Heiger, el constructor de la caseta, és el cocreador d' Earthbagbuilding.com i Director del Geiger Research Institute of Sustainable Building. També és autor de la guia de construcció amb earthbag *Earthbag Building Guide*.
- Un aspecte interessant, és que l'encofrat de la porta es va fer utilitzant un pneumàtic. Segons Heiger no tenia sentit elevar el cost de construcció amb un encofrat de fusta, que a més de diners requereix temps²⁸.

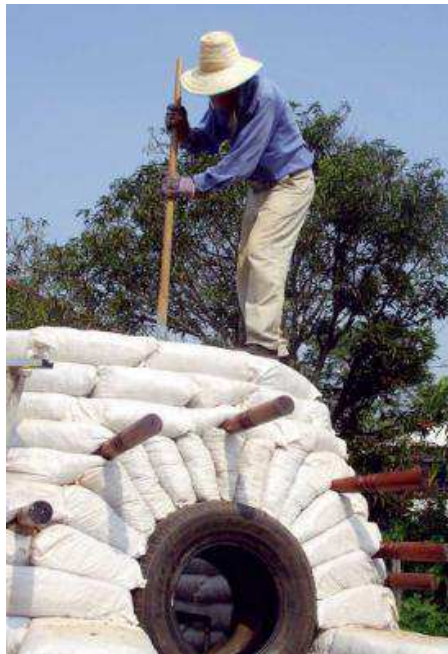


Figura 33. Encofrat de la porta amb un pneumàtic usat.

²⁷ www.naturalbuilds.com/low-cost-multipurpose-minibuilding-made-with-earthbags

²⁸ www.earthbagbuilding.com/projects/mendome.htm

2. La Honey House de Kaki Hunter i Donald Kiffmeyer



Figura 34. La Honey House un cop acabada.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Kaki Hunter i Donald Kiffmeyer, amb l'ajuda d'altres persones
- **Tipologia d'edifici:** Caseta de jardí
- **Ubicació:** Estats Units
- **Superfície:** Uns 15m²
- **Any de construcció:** Abans del 2004
- **Pressupost de l'obra:** 1000 dòlars (amb auto-construcció)
- **Duració de l'obra:** Un mes
- **Mètode constructiu:** Superadobe i sacs convencionals a les parts en forma d'arc.
- **Coberta:** Cúpula amb fals sostre pla
- **Encofrat:** Pneumàtics
- **Revestiments:** Exterior i enlluït d'argila amb palla i enguixat a l'interior
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** El material de replè empleat és sorra de rebuig, que s'obté de les graveres. També s'ha utilitzat la pròpia terra fruit de l'excavació dels fonaments, i s'han usat pneumàtics vells d'encofrat.

b) Descripció general:

Es tracta d'una obra singular construïda per una parella que van assistir a un curs impartit per Nader Khalili, i van decidir posar-se en marxa. Com en el cas anterior, es tracta d'una petita caseta d'uns 15 m² que pot servir de guarda eines o de caseta de jardí.

La construcció es va fer en part seguint el mètode superadobe en les parts més fàcils de treballar, però per a seguir el contorn arquejat de la porta i les finestres es van utilitzar sacs individuals. La construcció un cop acabada, no va arribar als 1000 dòlars de pressupost.



Figura 35. La Honey House vista des de l'interior.

Les filades de sacs de terra estan travades amb filferro espinós, la qual cosa actua com un velcro, unint les filades, i propicia que l'estructura també aguantí esforços de tracció. En aquest cas la construcció no és enterrada, sinó que està al nivell del terra.

Té una porta d'entrada i finestres al voltant. A més, el sostre està fet amb un sistema mixt de forjat de fusta, que es podria dir que no és estructural sinó més aviat d'acabat.

L'acabat exterior és un revestiment d'argila amb palla amb un acabat ben resolt estèticament. L'interior és del mateix material, però s'ha enlluït amb una capa fina de fang i s'ha enguixat.

c) Punts d'interès:

- En aquest cas els encofrats es van fer amb fusta, ja que el gruix del mur segurament necessitava un encofrat robust i ample.



Figura 36. Encofrat amb motlles de fusta i fals sostre de fusta.

- Una mitjana de quatre persones treballant entre 5 i 6 hores diàries, van moure 40 tones de terra per a completar el treball amb sacs de terra en 19 dies. En 7 dies més, es va acabar la forma de la teulada per sobre del forjat de fusta²⁹.
- Pel material de replè dels sacs es va utilitzar sorra de rebuig, que s'obté de les graveres. Es tracta de la terra sobrant en el procés de separar la grava dels fons. Aquest material té una bona relació entre terra i argila, i a més només els va costar 1 dòlar la tona, incloent transport.
- La parella d'ex-actors Kaki Hunter i Donald Kiffmeyer també són autors del llibre "*Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques*", i han estat intensament involucrats amb la construcció earthbag, visitant i ajudant en altres construccions d'aquest tipus.

²⁹ www.earthbagbuilding.com/articles/honeyhouse.htm

3. L'ermita d'earthbag



Figura 37. La sala de meditació d'earthbag.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Un professor de meditació, amb l'ajuda d'altres persones
- **Tipologia d'edifici:** Petita sala de meditació
- **Ubicació:** Nova Zelanda
- **Superfície:** Uns 10m²
- **Any de construcció:** -
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Duració de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Sistema superadobe.
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Fusta
- **Revestiments:** Revestiments de morter de ciment
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

Es tracta d'un dom simple, en aquest cas, es va construir com a ermita o espai de meditació. L'edifici té una porta d'accés i una finestra posterior per a permetre el pas de la llum. Té una superfície d'uns 10 m².

Ha estat construïda amb sac continu, amb el sistema superadobe. La barreja conté grava, sorra, argila i un petit percentatge de ciment. En ser una construcció petita, no es va fer servir filferro espinós.

Es pot observar que els encofrats de la finestra i la porta són de fusta. La barreja de replè es va fer amb formigonera. L'ús de maquinària és optatiu, i s'opta per ell quan es vol construir ràpid, sense gaire esforç, o quan el volum a construir és molt gran.



Figura 38. Motlle de fusta de la finestra.



Figura 39. Formigonera per a fer la barreja.

c) Punts d'interès:

- El creador d'aquest petit dom és un mestre de la meditació i és monjo des de 1991. Tot i que la seva meta és ajudar a les persones en l'àmbit espiritual, reconeix que moltes vegades ni tan sols tenen el necessari per a viure. Per això el servei social ha esdevingut un altre aspecte dels seus objectius. En aquesta línia, degut als seus coneixements com a enginyer i aficionat de la construcció, es va dedicar a construir cases amb arquitectura ecològica inspirat per Nader Khalili. Fins a l'actualitat, ha seguit construint diversos doms arreu del món³⁰.

³⁰ www.earthbagbuilding.com/projects/nz.htm

4. La casa dels germans Averbuch



Figura 40. Vista posterior de la casa Averbuch.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Els germans Uri i Alon Averbuch
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Clima càlid i sec
- **Superfície:** Uns 10m²
- **Any de construcció:** -
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Duració de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Sistema superadobe.
- **Coberta:** cúpula i coberta plana (terrassa)
- **Encofrat:** Fusta
- **Revestiments:** Morter de ciment amb pigment colorant
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

És una construcció que consta de dos domos, un que compleix la funció d'habitable, i l'altre que fa de terrassa. Ha estat construïda utilitzant el mètode superadobe, amb filferro espinós per connectar millor les filades. Té dos forjats de fusta, un que compleix la funció de terrassa i l'altre que conforma el petit altell interior amb el qual s'hi accedeix³¹.



Figura 41. Altell de fusta per accedir a la terrassa.

Té una superfície d'uns 10 m² entre superfície interior i terrassa. S'ha construït amb sac continu, amb el sistema superadobe. La barreja conté grava, sorra, argila i un petit percentatge de ciment. Com és habitual les filades de superadobe estan travades amb filferro espinós.

Els encofrats per a les portes s'han fet de fusta. Un cop acabada la construcció es retira el sac per a deixar la terra vista i arrebossar-la al damunt. Tot i que això podia ser perjudicial per la durabilitat de l'habitatge, en aquest cas sembla que l'acabat de revestiment és l'adequat.

Tot fa pensar que les persones que la van construir tenien nocions de construcció o que van subcontractar algunes parts, ja que l'acabat és professional.

³¹ www.casayburro.com/index.php/category/metodos/page/4



Figura 42. Entrada a la casa.



Figura 43. Interior de la casa.

c) Punts d'interès:

- És interessant el sistema de terrassa que es proposa, ja que proporciona un mirador preciós per a observar el paisatge de la zona. Això si, l'altura de l'ampit no compleix amb cap normativa, i a més pot ser perillós. No obstant és possible que a la fotografia encara faltessin acabats.
- En algunes construccions es retira el sac un cop l'argamassa dels murs s'ha solidificat. Aquesta pràctica es duu a terme per a que els revestiments s'adhereixin millor al mur. No obstant, si s'opta per aquesta opció s'ha de fer un bon revestiment que no deixi passar la humitat.
- S'han col·locat una multitud de passa tubs a la cúpula a manera de petites lluernes, per a que entri suficient llum però a la vegada ho faci d'una forma difusa. És una solució enginyosa i agradable estèticament.

5. Els Punish Studios de Johnny Punish



Figura 44. Els Punish Studios, prop de la seva finalització.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Johnny Punish, amb l'ajuda d'altres persones
- **Tipologia d'edifici:** Estudi de música
- **Ubicació:** Baja California, Mèxic (clima càlid i sec)
- **Superfície:** Uns 25m²
- **Any de construcció:** 2012
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Duració d'execució de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Earthbag i sistema superadobe
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Majoritàriament de fusta però també s'usen pneumàtics vells
- **Revestiments:** Morter de ciment pintat tant a l'interior com a l'exterior
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** Pneumàtics vells per a alguns encofrats. Per al replè s'ha usat la terra del propi terreny.

b) Descripció general:

Es tracta d'una estructura simple de dos domos encadenats, un de gran i un de petit adossat, construïda a Baja California, Mèxic. És un edifici auto-construït per Johnny Punish, un músic neoyorquí que va decidir passar-se a la construcció ecològica i edificar una propietat amb edificis earthbag. Aquest edifici està pensat per a ser l'estudi de gravació de l'artista³².

La construcció de dos domos ha estat duta a terme amb un sistema mixt de sac convencional i sistema superadobe, el qual l'autor de l'habitatge va descobrir a través de Cal-Earth, l'Institut creat per Nader Khalili.

Els fonaments de l'edifici són simples, i els encofrats de les portes i finestres són de fusta en les finestres quadrades, i amb pneumàtics vells en alguna finestra rodona. S'ha aplicat un arrebossat de morter de ciment tant a l'exterior com a l'interior, i després s'ha pintat tot de color blanc. La zona circumdant dels murs forma unes jardineres decoratives.



Figura 45. Els diferents encofrats que es van utilitzar.

³² www.veteranstoday.com/2012/09/03/republicans-earthbags/

c) Punts d'interès:

- En aquest cas, l'edifici de l'exemple no és un habitatge com sol ser el cas, sinó que es tracta d'un edifici preparat per a desenvolupar una activitat empresarial. Val a dir que, com la resta de construccions amb terra, les construccions earthbag aïllen molt bé del soroll, impedint que entri de fora i preservant el de l'interior, per la qual cosa el Sr. Punish ha tingut una bona idea al fer el seu estudi de terra. Segons ell, l'habitable no requereix de cap aïllant acústic adicional.
- Abans d'aplicar l'arrebossat exterior, es va folrar l'edifici amb tela de galliner, per a proporcionar una bona adherència entre el mur d'earthbag i l'arrebossat. És una bona opció si no es vol retirar la tela plàstica dels sacs.
- Johnny Punish ha creat un reportatge fotogràfic de la construcció de l'estudi, el qual es pot visualitzar a internet en forma de vídeo des de la seva pàgina web. L'estudi de música ha estat el primer edifici que ha construït. Amb l'experiència que ha adquirit construint aquest petit estudi, ara està construint altres edificis més grans amb earthbag al seu ranxo³³.



Figura 46. Arrebossant amb morter sobre tela de galliner.

³³ www.johnnypunish.com/blog/2012/09/earthbag-punish-punish-music-studios/

3.1.2 Cinc exemples de doms complexos

1. La casa de Kelly i Rosana Hart, a Creston, Colorado



Figura 47. La casa consta d'un dom central i dos doms laterals.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Kelly i Rosana Hart
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Creston, Colorado (clima fred i sec amb temporada de pluges)
- **Superfície:** Uns 115m²
- **Any de construcció:** Any 2000
- **Pressupost de l'obra:** 50.000 dòlars
- **Duració de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Sacs convencionals
- **Coberta:** Cúpula i també coberta inclinada
- **Encofrat:** Majoritàriament de fusta però també s'usen altes materials
- **Revestiments:** Exterior de "papercrete", i revestiment interior amb un enlluït de calç a sobre.
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** S'han reomplert els sacs amb roca volcànica triturada

b) Descripció general:

Es tracta d'una de les cases pioneres, ja que es va acabar al 2000, quan encara n'hi havien molt poques. És un habitatge unifamiliar amb àtics, auto-construït a les Muntanyes del Colorado.

És una de les primeres cases que es van construir amb mètode earthbag convencional, en aquest cas no és superadobe. El pressupost total va ascendir a 50.000 dòlars³⁴.

Té una superfície de 115 m² i consisteix en un semi-dom central, connectat amb dos de més petits. En aquest cas la base dels fonaments es va fer amb escòria (roques volcàniques) i la barreja dels sacs de terra no conté ciment ni calç.

Els sacs són de polipropilè, i el revestiment aplicat a l'exterior és de papercrete, una barreja de pasta de paper i ciment, que a l'endurir proporciona característiques aptes per a revestir murs. "Papercrete" és un terme que procedeix de les paraules paper i concrete (formigó en anglès). El material consisteix en una mescla humida de fibra de paper barrejada amb ciment porland.

El mètode que s'ha seguit és construir una fonamentació simple amb sacs plens d'escòria volcànica, i s'ha seguit aixecant l'edifici amb un replè de roca volcànica triturada, travant les filades amb filferro espinós. Per a la construcció de les cúpules s'ha empleat un esquelet de fusta on tota la cúpula de sacs recolza, ja que els sacs de terra no s'aguantaven tan sols gracies al factor forma.

L'habitatge compta amb instal·lació elèctrica convencional i calefacció amb plaques solars. No necessita refrigeració, ja que està construïda a la muntanya. S'ha construït pensant en un sistema solar passiu.

L'energia s'aconsegueix amb les plaques fotovoltaïques. A més, la façana amb més vidre està orientada a sud, i el terra és de pedra negra per a absorbir més calor. També compta amb calefacció de llenya.

³⁴ www.earthbagbuilding.com/projects/hart.htm



Figura 48. Casa en construcció. S'observa l'àtic del dom central.

c) Punts d'interès:

- L'edifici té dos àtics: un al dom gran, i un altre a un dels doms laterals, on hi ha un petit despatx.



Figura 49. Àtic del dom gran.



Figura 50. Petita oficina al dom lateral.

- El sistema principal de calefacció és un sistema solar passiu, que funciona bastant bé a 2500 metres d'altura, tot i que també hi ha calefacció de llenya.
- Els revestiments de l'habitatge són de papercrete. Tot i que a simple vista sembla que l'ús de ciment contraresta les qualitats ecològiques del paper, s'ha de tenir en compte que la majoria de revestiments estan fets amb ciment, així que és una opció força ecològica si es compara amb els revestiments de morter. És una tècnica que ha anat adquirint popularitat per les seves característiques ecològiques degut a l'ús de paper reciclat.
- Kelly i Rosana Hart, igual que alguns altres constructors que s'han vist, han estat immersos des de fa anys en promoure la construcció ecològica, i concretament la construcció earthbag. Gestionen varies pàgines web, com per exemple *Earthbagbuilding.com*, domini que comparteixen amb Owen Geiger, entre d'altres. També han promogut bibliografia i dvds sobre com construir amb earthbag.

2. La casa de Tim Hall a Maui, Hawaii



Figura 51. La casa de Tim Hall, a Hawaii.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Tim Hall i Mark Hanson
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Maui, Hawaii (clima tropical humit)
- **Superfície:** Uns 90m²
- **Any de construcció:** Any 2009
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Duració de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Mètode superadobe
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Fusta
- **Revestiments:** Un primer revestiment interior i exterior d'estucat. Després a l'exterior hi ha una segona capa d'estucat de ciment pintat amb una pintura impermeable, mentre que a l'interior s'hi aplica un enlluït d'argila.
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

Es tracta d'un habitatge unifamiliar d'uns 90 m², construït a Maui, a l'illa de Hawaii. En aquest cas no es tracta d'una auto-construcció, sinó que ha estat construïda per un equip professional.

S'ha construït per a una parella de jubilats, ja que no consta de suficients habitacions per a que l'ocupi una família amb fills. És la primera construcció d'earthbag construïda amb permís d'obres a Hawaii.

L'edifici consisteix en un dom central, connectat amb cinc més. Això permet tenir una sala principal, més cinc habitacions (que podrien ser rebedor, cuina, bany, despatx i dormitori). L'habitatge té xarxa elèctrica i aigua corrent. No necessita calefacció, degut al clima de la zona, que és sempre càlid.

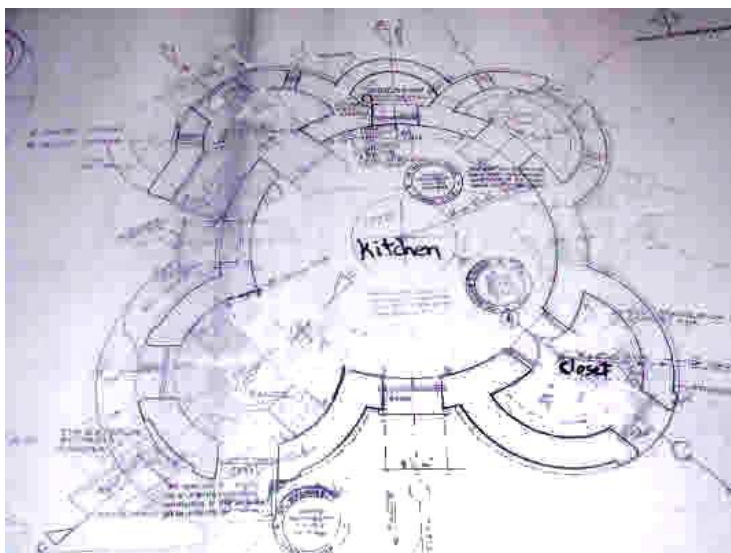


Figura 52. Plànols de la casa d'earthbag de Tim Hall.

L'edifici consta d'un dom central fet amb una gàbia metàl·lica que fa la funció de suport estructural de l'earthbag. Es busca obtenir una gran resistència enfront d'huracans. Després s'ha revestit amb els murs de superadobe com a estructura secundària.

Els altres doms s'han fet solament amb superadobe. La barreja de replec té contingut de ciment per a fer el mur més resistent. Un cop la barreja ha fraguat s'han retirat les capes de sac per a estucar els murs amb argila.

Un cop feta tota la instal·lació elèctrica i d'aigua potable, s'han cobert els murs amb tela de galliner i s'ha fixat una primera capa d'estucat d'argila. Un cop seca, a l'exterior s'hi ha afegit una segona capa d'estucat de ciment pintat amb pintura plàstica. L'interior s'ha enlluït amb argila.



Figura 53. Instal·lació elèctrica.

c) Punts d'interès:

- El constructor va comprar els plànols a l'institut Cal-Earth, tot i que hi va incloure modificacions per adaptar el disseny al clima Hawaià. Ell creu que sense el segell d'aval de Cal-Earth, no li haguessin concedit el permís d'obres, que li va costar prop d'un any d'obtenir.



Figura 54. Permís d'obres
(el primer a Hawaii per a
construcció earthbag).

- La barreja empleada per a omplir els sacs està feta amb un 10% de ciment, ja que degut al clima humit de la zona, es va creure oportú donar-li una resistència afegida.
- Es va haver de comprar part del material de replè dels sacs degut segons sembla a que el terreny de construcció era petit.
- La retirada de les capes de sac es compensa amb un estucat exterior impermeable

3. La clínica d'earthbag a Escalante, Les Filipines



Figura 55. Clínica mèdica construïda amb superadobe.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Fundació MyShelter
- **Tipologia d'edifici:** Clínica local
- **Ubicació:** Escalante, Les Filipines (clima tropical humit)
- **Superfície:** Uns 45m²
- **Any de construcció:** 2009
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Duració de l'obra:** Uns 6 mesos
- **Mètode constructiu:** mètode superadobe
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Fusta
- **Revestiments:** Primer revestiment d'argamassa i segon de ciment, que es va revestir amb guix.
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

Es tracta d'una construcció d'uns 45 m², construïda a Escalante, a les Filipines. Està ideada per a ser una clínica. L'ha construït una fundació sense ànim de lucre, i és el primer edifici d'aquesta tipologia a Escalante. Està construïda amb el sistema superadobe, és a dir, amb sac continu.



Figura 56. Construcció de la clínica duta a terme per la fundació MyShelter.

L'edifici consisteix en un dom central, connectat amb tres més. La barreja de replè utilitzada conté un 10% de ciment. El projecte pretenia potenciar la construcció earthbag a la zona, ja que hi havia escassetat d'habitatge.

A més, anualment els tifons destruïen desenes de barraques als barris més pobres, i es va pensar en l'earthbag com una alternativa constructiva més resistent.

La construcció es va dur a terme de forma convencional, filada per filada amb traves de filferro espinós. Un cop construïts els murs es va treure la capa de sac tant de l'exterior com de l'interior, i es va arrebossar amb argamassa.

Tot seguit es va aplicar un enlluït de ciment tant a l'interior com a l'exterior, i es va pintar.

c) Punts d'interès:

- En aquest cas la construcció va ser duta a terme per una fundació, un grup de persones que treballaven de forma gratuïta, cosa que va accelerar els treballs i va reduir el cost. S'han creat moltes fundacions i institucions que es dediquen a construir refugis d'earthbag sense ànim de lucre a llocs necessitats.
- Es curiós el fet de que van utilitzar una espècie de guia metàl·lica pivotant per a construir la cúpula, ja que en principi utilitzar el mètode de compassos és més senzill i econòmic.



Figura 57. Guia metàl·lica per a construir la volta.

- Un altre aspecte curiós d'aquesta construcció es que els sacs es van cremar intencionadament, deixant la terra al descobert. Això es va fer per a homogeneïtzar el mur de terra amb l'acabat exterior, com en l'edifici de Tim Hall.



Figura 58. Filades d'earthbag on s'ha retirat la capa de sac.

- Malauradament sembla que el projecte de la clínica va fer fallida. En la següent imatge, podem observar l'estat en que la clínica es troba actualment. Sembla ser que el projecte no va prosperar, i la clínica no va ser utilitzada, o va deixar de ser-ho al poc temps. Un cop acabada no s'hi ha fet cap tipus de manteniment i s'ha deixat abandonada.



Figura 59. Edifici en l'actualitat, en evident estat de deteriorament.

Sembla que diversos factors han influït en el seu deteriorament:

Tot apunta a que el revestiment de guix que recobria el de ciment i l'argamassa no va funcionar bé. El recobriment de guix s'ha desprès en gran part de l'edifici per culpa de la humitat que ha adquirit, deixant al descobert l'argamassa de recobriment.

Un cop en contacte amb l'aigua, han aparegut plantes a l'argamassa i hi han crescut arreu de les façanes. És possible inclús que les llavors es trobessin en la pròpia argamassa quan es va col·locar.

A més, el fet de retirar els sacs de polipropilè propicia que les plantes arrelin al mur estructural, posant en perill l'estructura a llarg termini³⁵.

- D'aquest cas en podem extreure dues conclusions molt importants a l'hora de construir:

1. El material de recobriment exterior ha de ser adequat pel clima i la zona on es construeix l'edifici i s'ha de fer amb els materials adequats, com per exemple revestiments de morter o calç. En climes tropicals s'ha de vigilar especialment amb la humitat.
2. Construir sense sacs de plàstic o retirar-los pot semblar millor per a unir l'argamassa amb la terra dels murs, però fomenta l'erosió dels murs de terra, i en cas d'inundació o pluges continues no garanteix l'estabilitat de l'estructura. Si es vol construir sense sacs de plàstic, s'ha de garantir l'estanquitat i la resistència de l'estructura amb altres solucions.

³⁵ www.earthbagbuilding.com/projects/clinic.htm

4. Centre comunitari a Al-Jawasreh, Jordània



Figura 60. Centre comunitari d'earthbag amb tres sistemes constructius.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** L'autor del projecte és Kikuma Watanabe, professor associat de la Universitat Tecnològica de Kochi (Japó), i en la construcció hi van treballar els seus col·laboradors i els propis habitants d'Al-Jawasreh
- **Tipologia d'edifici:** Centre comunitari
- **Ubicació:** Al-Jawasreh, Jordània (clima càlid i sec)
- **Superfície:** Uns 150m²
- **Any de construcció:** Any 2007-2009
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Duració de l'obra:** 2 anys des de l'inici del projecte
- **Mètode constructiu:** Mètode earthbag convencional
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Fusta
- **Revestiments:** Exterior de morter de calç, revestiment interior amb guix
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

Es tracta d'un projecte ubicat a les costes de la Mar Morta, a Jordània, concretament a la població d'Al-Jawasreh. L'edifici fa la funció de centre comunitari, on dirigit per un grup de dones del poble, ofereix programes educatius i vocacionals. El projecte es va iniciar al febrer de 2007, i al juny de 2009 es va donar per finalitzat.

L'edifici consisteix en tres components arquitectòniques diferents: en primer lloc una part de l'edifici de pedra tradicional, una altra part feta amb formigó armat, i la última, construïda amb el sistema earthbag. L'autor pretén així provocar diversos sentiments, tant cap al passat memorable de la construcció tradicional com al futur ple de nous camins que espera el poble jordà.

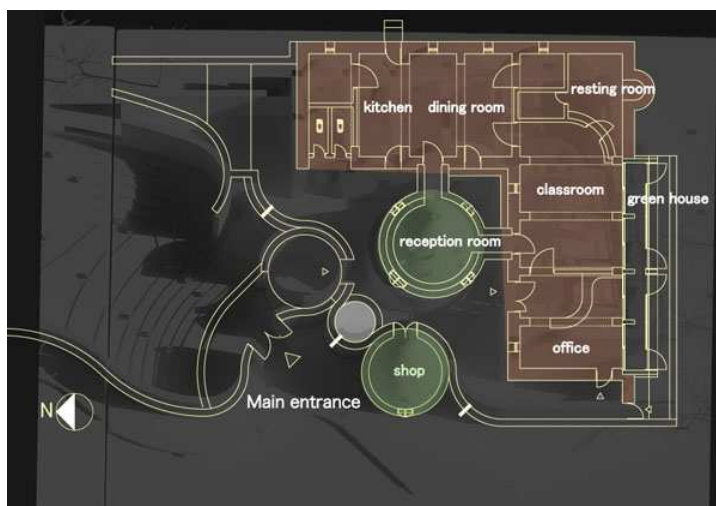


Figura 61. Plànols de distribució del projecte.

Barrejant els avantatges dels tres tipus de construcció, Watanabe aconsegueix un edifici eficient tèrmicament, gràcies a la pedra i la terra, però també espais grans i ben il·luminats gràcies al formigó armat.

A més, com senyala l'article, construir amb earthbag ha permès executar una construcció més ecològica i resistent, permetent a la vegada la participació de la gent local en la seva construcció, ja que no requereix de mà d'obra especialitzada³⁶.

³⁶ www.earthbagbuilding.com/projects/jordan.htm



Figura 62. Construcció de l'edifici amb estructures auxiliars de fusta.

Com ja s'ha mencionat, la construcció inclou formigó armat, murs de pedra i sistema earthbag. L'edifici està format per un espai compacte, de pedra i formigó armat, on es troben les principals habitacions de l'edifici.

Després, més separats, es troben dos doms d'earthbag que conformen la recepció i una petita botiga. En general s'ha treballat amb bastides de fusta, que tot i ser casolans, afavoreixen un treball en condicions més segures.

Els encofrats s'han dut a terme amb motlles de fusta, i un cop acabats, els doms s'han recobert amb morter de calç, donant un color similar al de l'entorn on s'ubiquen.

L'edifici encaixa de forma perfecta amb l'entorn rural del lloc, tot i donar-li un toc modern. Podem concloure que es tracta d'un projecte molt treballat i ben executat, i tot això es reflexa en el procés edificatiu i en l'acabat final de l'edifici.

c) Punts d'interès:

- Val a dir que és un projecte molt professional, i que s'ha pensat i dut a terme de forma excel·lent. Té maqueta i diferents plànols, incloent una secció acotada. Aquesta hauria de ser la meta de totes les construccions amb sacs de terra, arribar a ser construccions realitzades amb projecte, plànols, i de forma completament legal i professional.

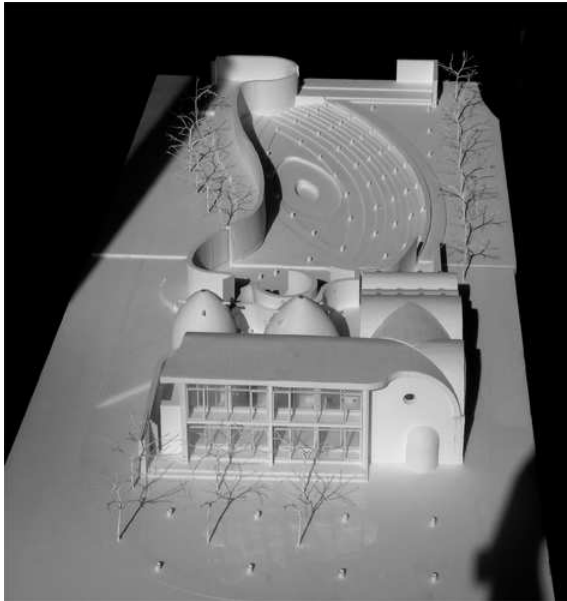


Figura 63. Maqueta del projecte.

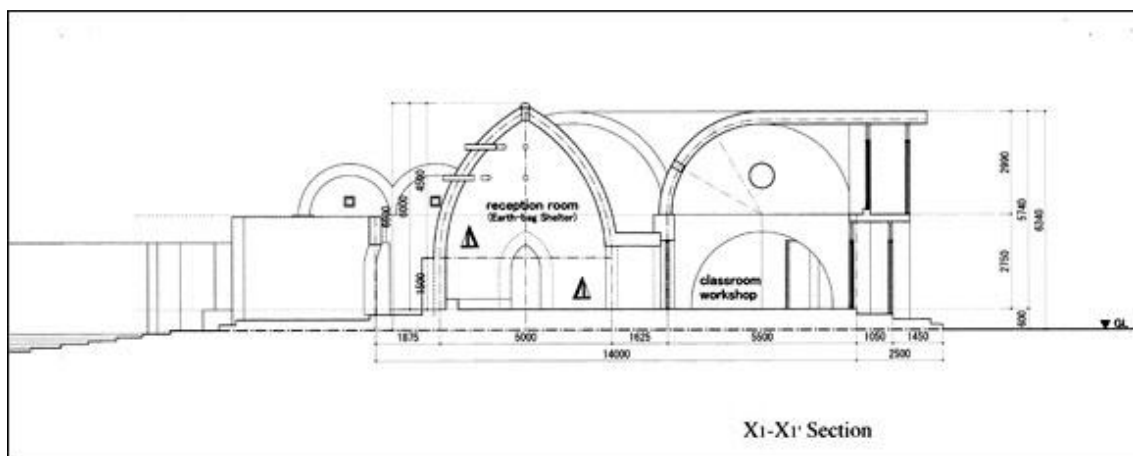


Figura 64. Plànol de secció i cotes del projecte.

- La construcció earthbag també aporta un benefici social. La construcció dels domos ha afavorit el desenvolupament social del poble, i fins i tot les dones han pogut participar en el projecte i en la construcció, creuant així una línia molt sensible en els països àrabs, ja que no fa falta mà d'obra especialment qualificada per a la major part dels treballs.



Figura 65. Dones treballant en la construcció dels domos.

- Aquest i altres projectes amb earthbag de Kikuma Watanabe es poden consultar a la web de D-Environmental Design System Laboratory³⁷.

³⁷ <http://www.d-ken.info/projects.html>

5. La Casa Vergara, a Bogotà, Colòmbia



Figura 66. Casa Vergara a Bogotà, un cop acabada.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Arquitecte José Andrés Vallejo
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Bogotà, Colòmbia (clima tropical humit)
- **Superfície:** Uns 80m²
- **Any de construcció:** 2011
- **Pressupost de l'obra:** Uns 24.000 dòlars
- **Duració de l'obra:** 5 mesos des de l'inici del projecte
- **Mètode constructiu:** Mètode superadobe
- **Coberta:** Tipus cúpula i coberta plana amb forjat de fusta
- **Encofrat:** Fusta
- **Revestiments:** Exterior d'argamassa amb capa de morter de ciment pintat a sobre. Revestiment interior de guix
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

En aquest cas, tenim un dels exemples més recents de construcció superadobe, de la mà de l'arquitecte José Andrés Vallejo, que ha construït aquesta construcció a la sabana de Bogotà, en resposta a l'encàrrec de Constanza Vergara.

L'obra consisteix en dos domos units per una estructura rectangular, amb sostre de fusta. Es tracta d'una tipologia mixta, que barreja domos i per altra banda earthbag com a mur de càrrega amb un forjat superior de fusta. La proposta és innovadora, i ha estat construïda l'any 2011 i acabada en 5 mesos.

L'edifici té una superfície de 80 m², i el cost de l'habitatge ascendeix a uns 300 dòlars el metre quadrat. Tenim entre mans un altre exemple d'obra adaptada a normativa, planificada de forma professional (seccions, alçats, plantes...) i executada per professionals de la construcció, cosa que s'aprecia en el resultat final³⁸.

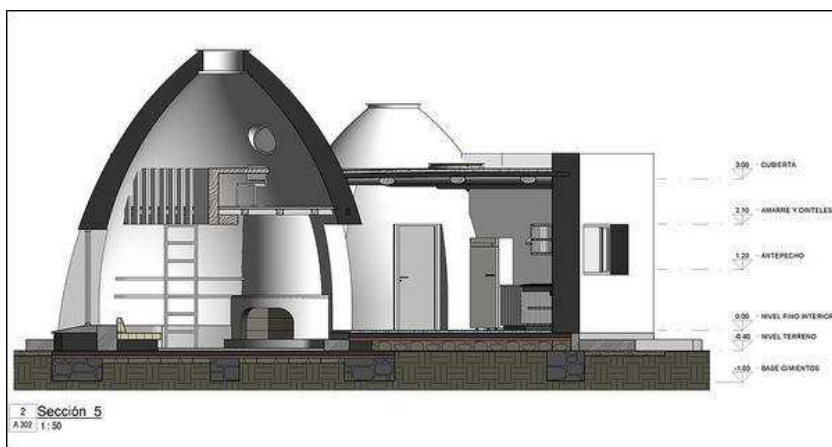


Figura 67. Plànol de secció 1:50.

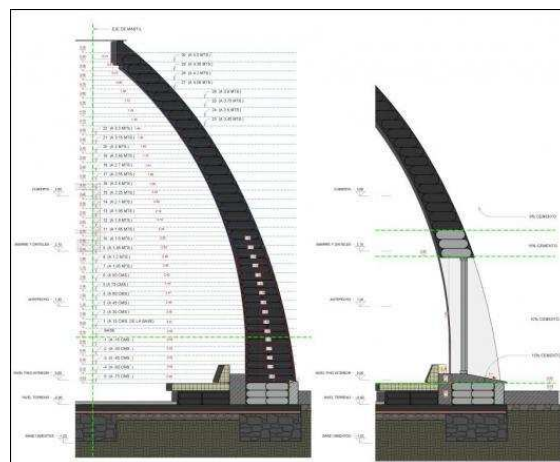


Figura 68. Seccions constructives dels dos domos.

³⁸ www.earthbagbuilding.com/projects/casaverqarar.htm

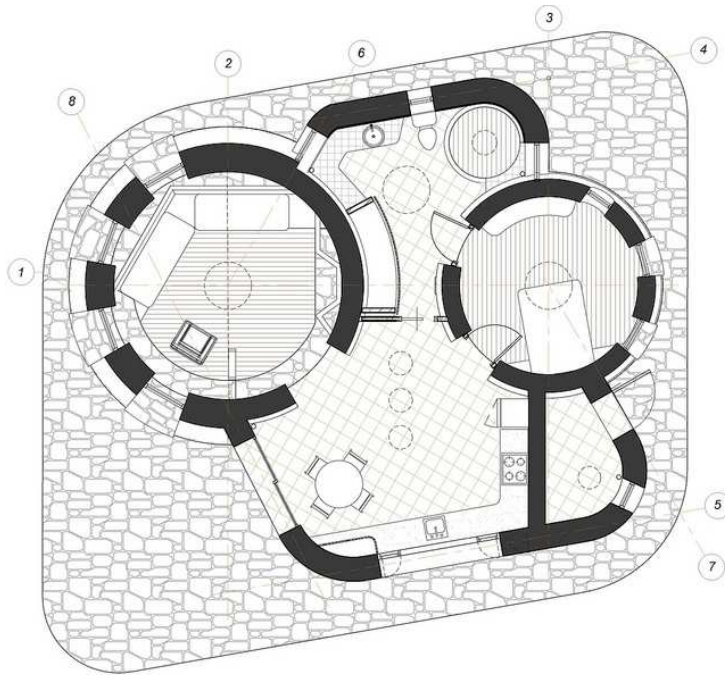


Figura 69. Plànol de distribució de la casa.

Els dos doms de l'edifici estan connectats per una sala rectangular, les parets de la qual són també de superadobe i el sostre pla és de fusta. Com de costum, es va emprar filferro espinós per a reforçar el conjunt i encofrats de fusta per a les obertures.



Figura 70. Formigonat de la solera per a l'estructura mixta.

Durant la construcció es van seguir bastant bé les normes de seguretat, ja que els treballs en alçada es duïen a terme amb bastides tubulars metàl·liques. Els fonaments són superficials, i són de grava i roques de tamany mitjà per a drenar la part inferior dels sacs de superadobe.

El forjat de fusta es cobreix de canyís, s'impermeabilitza i finalment s'acaba amb un formigonat per a donar-li resistència i pes. L'exterior es va arrebossar amb morter de ciment i es va pintar amb pintura plàstica de color gris fosc. L'habitatge té una petita estufa, lavabo i electricitat.



Figura 71. Preparació del forjat que fa de sostre pla.

c) Punts d'interès:

- En aquest cas destaca el sistema mixt que incorpora una coberta plana amb forjat de fusta i capa de compressió a sobre. És interessant veure la versatilitat del mètode earthbag. Tot i que els forjats plans encareixen el cost de l'habitatge (ja que els doms es poden fer amb sac, cosa que és molt més barata) també donen un toc més convencional a les cases de superadobe. Precisament en el següent apartat es podran observar algunes cases que respecten la tipologia normal feta amb mur de càrrega i amb forjats convencionals. També són una bona manera de construir amb superadobe.
- La fonamentació és interessant ja que està composta simplement per una rasa d'uns 50cm de fondària, omplerta amb pedres per a facilitar el drenatge de la part inferior del mur de superadobe. Tot i ser una solució simple i poc costosa, és molt eficient. El mètode superadobe no requereix de tècniques constructives complexes ni cares per a ser executat.
- Com es pot apreciar, un edifici de superadobe no té res a envejar a les cases construïdes amb altres mètodes. Casa Vergara compta amb uns acabats bonics i amb tots els avantatges i comoditats.



Figura 72. Sala d'estar amb llar de foc.



Figura 73.

Cambra de bany.

- Durant la construcció també es va fer una petita part de l'interior amb hiperadobe. La part construïda amb hiperadobe no és estructural. Val a dir que l'hiperadobe no afronta igual de bé els efectes de l'aigua continuada com sí que ho fa el superadobe. Per tant, ha estat una bona idea fer algunes parts no estructurals, si el que es pretenia era experimentar la tècnica.

3.1.3 Cinc exemples de construccions rectangulars

1. La casa d'Alison Kennedy, a Utah, Estats Units



Figura 74. Casa rectangular d'earthbag d'Alison Kennedy.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Alison Kennedy amb la col·laboració de Kaki Hunter i Donald Kiffmeyer
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Utah, Estats Units
- **Superfície:** Uns 90m²
- **Any de construcció:** Abans del 2004
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Estructura de blocs de formigó i d'earthbag
- **Coberta:** Inclínada de fusta i teules d'asfalt
- **Encofrat:** Fusta
- **Revestiments:** Exterior i interior són una barreja de guix i argila pintats amb pintures naturals
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** És remarcable l'ús de revestiments i pintures naturals. A més, la terra utilitzada per omplir sacs és de rebuig.

b) Descripció general:

Es tracta d'una altra construcció de Kaki Hunter i Doni Kiffmeyer, feta per a Alison Kennedy, i inclosa al seu llibre *Earthbag Building*³⁹. Es tracta de la primera casa d'earthbag en obtenir llicència a Utah.

L'habitatge compta amb un baix pressupost, i té uns 90m². Com es pot observar, correspon a una tipologia més convencional (no com els doms), tot i que està construïda amb earthbag.

La construcció s'alça sobre una base de formigó, tancada perimetralment per blocs de formigó omplerts amb formigó líquid, i els sacs de terra fan a la vegada d'estructura i de tancament entre pòrtics.

Sobre tot el mur s'hi col·loca un cercol fet amb blocs de formigó per a donar continuïtat i cohesió a la superfície on es recolzaran les bigues de fusta de la teulada. L'estructura del sostre està feta amb un embigat de fusta.



Figura 75. Estructura de la casa (earthbag no estructural).

Un cop els murs es van acabar, els sacs de terra es van revestir amb adob. Les parets exteriors es van recobrir amb una capa d'imprimació de guix i fang seguida de dues capes d'enlluït de calç per a una millor protecció contra l'erosió.

³⁹ Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques, pàgines 75-76

Per a fer les sanefes i els diferents colors de la façana, Alison va recollir argiles de diferents colors, en va fer pintura i les va aplicar a l'enlluït de calç fresc. Aquesta tècnica s'anomena fresc, i uneix permanentment les dues argiles durant el procés de curat⁴⁰.

Un cop l'estructura de la coberta es va col·locar, un entramat OSB i làmina asfàltica, i llavors es va cobrir amb una gran varietat de teules acolorides d'asfalt, adquirides d'uns lots sobrants. Les sanefes de la teulada estan inspirades en els tapissos dels indis *Navajos*.



Figura 76. Alison Kennedy aplicant la tècnica del fresc a la façana.

c) Punts d'interès:

- Es un dels pocs casos coneguts on l'earthbag fa de tancament combinat amb una tipologia de pilars. Aquest tipus de solució obre un ventall de noves possibilitats, ja que l'earthbag no només pot servir com a tècnica estructural, sinó que pot conformar tancaments d'estructures fetes amb altres materials.
- Les cases rectangulars construïdes amb earthbag o superadobe requereixen de contraforts (normalment cada 4-5 metres) per assegurar l'estabilitat dels murs. Tot i que en aquest cas els panys d'earthbag eren curts, els autors de la l'habitatge van decidir posar-ne uns quants, tant exteriors com interiors.

⁴⁰ www.earthbagbuilding.com/projects/kennedyhouse.htm



Figura 77. Contraforts d'earthbag.

- Les pintures naturals i els revestiments d'argila demostren ser econòmics, ecològics i també eficaços, per la qual cosa molta gent aprofita el fet de construir amb terra per aplicar argamasses de tipus fangós com a revestiment.
- Les cases rectangulars proporcionen una forma més convencional que no pas els doms cupulars. Tot i que no tenen la mateixa eficàcia estructural que els doms, i que el fet de construir una teulada al sostre eleva el pressupost, és una solució molt més acceptable pel públic en general.



Figura 78. Cuina de l'habitatge.

2. La casa de Baraka, a Colorado, Estats Units



Figura 79. La casa de Baraka, orientada a sud per a captar radiació.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Kelly i Rosana Hart
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Colorado, Estats Units
- **Superfície:** Uns 100m²
- **Any de construcció:** Abans del 2003
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Earthbag
- **Coberta:** Coberta inclinada a dos aigües d'estructura de fusta acabada amb xapa grecada
- **Encofrat:** Els encofrats són de fusta
- **Revestiments:** Exterior de papercrete pintat (veure la casa de Kelly i Rosana Hart) i revestiment interior és de guix i de panells de fusta
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** Roca volcànica triturada per a reomplir els sacs

b) Descripció general:

Aquest cop Kelly i Rosana Hart ajuden en la construcció d'un habitatge per la seva veïna, Baraka Burril. Com ja s'ha vist, la casa de Kelly Hart estava a les muntanyes del Colorado. Es tracta d'un edifici ampli, construït amb sistema earhbag convencional, sense sac continu.

El contingut dels sacs és roca volcànica triturada. L'habitatge incorpora una teulada amb estructura de fusta, i està dissenyada per a actuar com un sistema solar passiu. Té obertures grans a façana sud, per a deixar entrar més calor a l'hivern.

Una part de l'edifici està fet amb paret rectangular i contraforts, mentre que l'altra part té forma circular. La teulada de fusta està feta a dos aigües, i és de xapa grecada sobre estructura de fusta. La part superior de la teulada es va construir amb bales de palla, que és un bon aïllant tèrmic. El revestiment exterior s'ha fet amb papercrete pintat, com a la pròpia casa dels Hart.



Figura 80. Imatge de la casa on s'aprecien tant la forma circular com la rectangular.

c) Punts d'interès:

- En aquesta construcció, una part del mur s'ha construït amb bales de palla, que aïllen bé tèrmicament. També és cert que l'ús de materials inflamables en l'àmbit estructural està molt vigilat normativament, per la qual cosa s'ha d'anar amb peus de plom a l'hora de construir amb materials inflamables, tot i que siguin ecològics, i sempre buscar solucions constructives que garanteixin la seguretat de l'edifici.
- En aquest cas, com a la pròpia casa de Kelly i Rosana, el revestiment exterior és de papercrete.



Figura 81. Revestint les façanes de l'habitatge amb papercrete.

3. Escola d'earthbag Small World, a Phuleli, Nepal



Figura 82. Escola d'earthbag a Phuleli, Nepal.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Grup Edge of Seven amb col·laboració de la ONG local Small World
- **Tipologia d'edifici:** Escola
- **Ubicació:** Phuleli, Nepal
- **Superfície:** Uns 100m²
- **Any de construcció:** 2012
- **Duració de l'obra:** 5 mesos des de l'inici del projecte (3 mesos útils)
- **Pressupost de l'obra:** 22.000 dòlars
- **Mètode constructiu:** Earthbag
- **Coberta:** Coberta inclinada a quatre aigües d'estructura de fusta acabada amb xapa grecada
- **Encofrat:** Els encofrats són de fusta
- **Revestiments:** Exteriors i interiors de morter de ciment sobre tela de galliner.
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** La majoria de materials són locals, degut a la inaccessibilitat de la zona. S'han usat la terra, la pedra i la fusta de la zona.

b) Descripció general:

Aquesta escola és el primer dels tres edificis d'earthbag que Edge of Seven i Small World s'ha proposat construir al districte de Solukhumbu, Nepal. Phulili és un poble que es troba a l'Himàlaia profund, on només es pot accedir mitjançant una caminada de vuit hores.

Qualsevol material que no estigui disponible en el lloc havia de ser portat per persones o animals de càrrega a través de camins angostos i a gran altitud. És per això que en aquest cas, la terra va esdevenir or, i es va optar per construir amb el sistema earthbag per a aprofitar els recursos locals (pedra, terra i fusta bàsicament). Com totes les cases d'aquest apartat, està feta amb murs rectes d'earthbag, i la teulada és d'estructura de fusta, recolzada sobre els murs de càrrega d'earthbag.

Abans de construir, es va haver de fer una excavació per a esglaonar el terreny, ja que feia pendent. De l'excavació se'n va aprofitar la terra i les roques per al posterior edifici. L' escola està construïda sobre un llit de roques, i les primeres dues filades de sacs de terra estan omplertes amb la graveta resultant de treure roques grans del terreny i tamisar la terra.

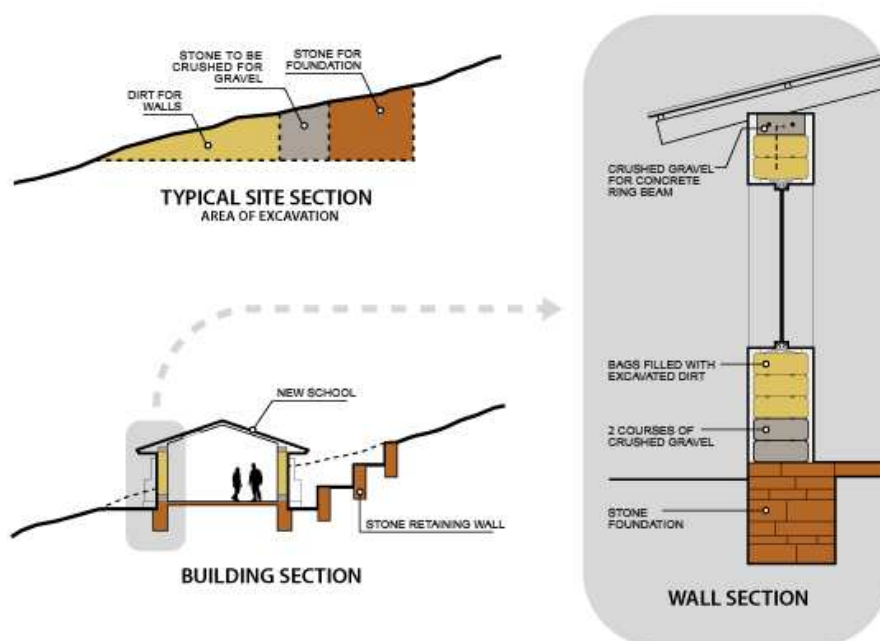


Figura 83. Esquema de l'excavació del talús i detall constructiu.

L'edifici té uns 80m² (100m² comptant els dos porxos a cada extrem) i està compost per dues aules, de 35m² cadascuna. Cada aula dóna a un dels dos porxos, de manera que s'entra a cada aula per un costat i l'altre del edifici. D'aquesta manera no és necessari irrompre a una aula per a passar a l'altra.

Això s'ha fet així per evitar que la humitat del terreny pugui ascendir cap als murs de l'edifici. Les següents filades es van omplir de terra tamisada, procurant que la proporció argila-sorra fos la correcta per a una millor resistència. Per la construcció de les parets també es va emprar filferro espinós, per una major unió entre filades.

La teulada es col·loca sobre un cercol perimetral de formigó que es troba a la part superior dels murs d'earthbag. Es va fer amb una estructura de fusta de la zona, i la coberta és de xapa grecada, la qual no es menciona si es va obtenir a prop del poble o es va haver de transportar de lluny.



Figura 84. Estructura de fusta de la teulada. Es pot apreciar el cercol de formigó sota.

La part interior de la teulada i els porxos exteriors s'han revestit amb contraxapat de fusta. El terra s'ha fet de pedra rejuntada amb morter. Els murs es van revestir amb morter de ciment, utilitzant tela de galliner. Segons aclareix l'autor de l'article Travis Highbanks⁴¹ s'utilitza tela de galliner perquè la situació sísmica del lloc ho requereix.

⁴¹ www.earthbagbuilding.com/projects/nepalschool.htm

Enlloc de pintura líquida, es va utilitzar una tècnica d'espolsat per a donar color als murs, ja que és molt utilitzat en la zona. La fusta pels marcs de portes i finestres era de roure local, d'una excel·lent qualitat.



Figura 85. Interior de la teulada i vista de la classe acabada.



Figura 86. Revestint les parets amb morter, usant tela de galliner.

c) Punts d'interès:

- Val a dir que tot i que l'obra va durar 5 mesos, en realitat només es va treballar durant 3 mesos, ja que es va fer un recés de 2 mesos durant l'hivern nepalès. El personal que va treballar a l'obra era un terç de voluntaris locals, un terç d'estrangers i un terç de personal contractat.
- L'edifici ha costat 22.000\$, tenint en compte que l'excavació del talús s'ha menjat la gran part del pressupost. L'autor afirma que el metre quadrat ha sortit per uns 16-17\$, i que amb l'experiència adquirida, esperen obtenir uns 13-14\$ a la següent escola que construïran. També es plantegen el repte d'usar menys fusta a la seva següent construcció.
- Com ja s'ha vist en altres tipus de projectes, la construcció de l'escola va permetre que els propis vilatans, inclosos els nens que aniran a aquesta escola, ajudessin en la seva construcció. Això crea un valor molt important, ja que respectaran l'edifici i segurament se'n preocuparan i el cuidaran en el futur.



Figura 87. Vilatans nepalesos tamisant la terra excavada.

- S'ha observat una tècnica nova de recobrir revestiments, l'espolsat. Sembla que dóna bons resultats a jutjar pels acabats.
- És interessant veure que s'han emprat solucions constructives de bona pràctica, com la construcció d'un cercol perimetral i la col·locació de dues

filades de sacs de grava enloc de terra per a evitar que la humitat pugi del terreny als murs.

- És important que en la construcció d'edificis d'earthbag hi intervinguin professionals qualificats, ja que tot i que semblin construccions senzilles d'assolir són necessàries aquest tipus de solucions per assegurar una bona durabilitat.

4. Habitatge unifamiliar a Gainesville, Texas



Figura 88. Vista exterior de l'edifici a Gainesville, quasi enllestit.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Segurament un constructor professional amb l'ajut de la pròpia família.
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Gainesville, Texas
- **Superfície:** Uns 100m²
- **Any de construcció:** 2010
- **Duració de l'obra:** un any i mig
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Earthbag
- **Coberta:** Coberta inclinada a dos aigües d'estructura de fusta acabada amb xapa grecada
- **Encofrat:** Fusta
- **Revestiments:** Exterior d'argamassa, interior de contraxapat de fusta
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

- b) Descripció general:

Aquest habitatge unifamiliar d'una planta es va construir el 2010 a Gainesville, Texas. No s'ha pogut saber amb exactitud qui va construir-la, però es sap que l'autor de les fotografies, Justin Martin hi va col·laborar de forma activa.

Es tracta d'una construcció ampla, d'uns 100m². Com es mostra a continuació aquesta es diferencia de la resta d'habitatges que s'han vist fins ara en uns quants punts molt interessants. En primer lloc els acabats interiors, i en segon lloc els mitjans utilitzats.

La construcció comença al desembre de 2008, i s'acaba a l'abril de 2010, és a dir que va durar aproximadament un any i mig, tot i que no es sap si van estar construïnt de forma continuada o intermitentment.

Es fonamenta sobre un llit simple de grava, seguit de dues filades d'earthbag, que es recobreixen amb una làmina impermeabilitzant, per impedir que la humitat del terreny ascendeixi pels murs de terra, la qual en principi és una bona solució constructiva.



Figura 89. Llit de grava i làmines impermeabilitzants recobrint els primers sacs.

Els murs es construeixen amb sacs normals, omplerts amb la barreja típica de sorra i argila. Els encofrats per a les finestres i portes es fan amb fusta. A l'altura de la part superior de les finestres, s'aixeca una estructura de fusta, que suportarà la teulada i servirà per a passar instal·lacions i col·locar un fals sostre. Tota l'estructura de la teulada és de fusta i està folrada amb làmines de contraxapat.



Figura 90. Interior de l'edifici des d'on s'observa l'estructura de fusta.

Les fusteries són de fusta de bona qualitat, i el revestiment exterior s'ha fet amb terra barrejada amb palla, és a dir adob. No se sap amb certesa si la tècnica és òptima per a revestiments exteriors. Segurament requerirà un manteniment molt freqüent, que a vegades els propietaris no estan disposats a dur a terme.

L'habitatge compta amb totes les comoditats: electricitat, calefacció, aigua corrent... i com en altres casos, és un bon exemple que demostra que les cases de superadobe o earthbag no tenen perquè ser cabanes, sinó que poden arribar a complir igual que qualsevol altre tipus de construcció i oferir totes les comoditats d'avui en dia amb un material més ecològic i econòmic.



Figura 91. Revestiment exterior d'adob dels murs exteriors.

c) Punts d'interès:

- L'altre aspecte interessant és l'interior de l'habitatge. Està revestida amb panells de fusta, de forma que en aquest cas, desapareix completament el toc rústic que normalment s'aconsegueix amb l'earthbag. És una mostra de que si hom vol, també pot donar un estil més clàssic a la seva casa earthbag, amb la forma i textura de parets aplomada i llisa, inclús es pot fer amb guix laminat i falsos sostres d'escaiola, de forma que les diferències amb altres tipus de construcció arriben a ser irrisòries.



Figura 92. Vista interior de la casa un cop moblada.

- Un fet interessant és la utilització maquinària bastant professional i especialitzada per a construir l'edifici. L'ús d'aquestes eines mecàniques fa pensar que o bé eren professionals o que van llogar el material específic per a realitzar l'obra. En tot cas és un bon exemple de que les construccions d'earthbag també es poden construir més ràpidament en cas de ser necessari, amb l'ajut de mitjans mecànics.



Figura 93.

Retroexcavadora
per a facilitar
les feines pesades.



Figura 94.

Omplidora automàtica
de sacs de terra.

- Com a últim detall, és una bona idea utilitzar una làmina impermeabilitzant a les primeres filades del mur. Això fa que la humitat no pugui pujar per la paret a través dels sacs i d'aquesta forma no perdi resistència. Una idea similar és la que ja s'ha vist amb anterioritat i que consisteix en omplir les primeres dos o tres filades amb graves enlloc d'utilitzar terra.

5. El Sand Castle, a Rum Cay, a les Bahames



Figura 95. Vista del Sand Castle, edifici de dues plantes.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Steve Kemble y Carol Escott
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Rum Cay, a les illes Bahames
- **Superfície:** Uns 90m²
- **Any de construcció:** abans del 2004
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Earthbag en planta baixa i estructura de fusta a la planta superior
- **Coberta:** Coberta inclinada poligonal d'estructura i acabat de fusta
- **Encofrat:** Els encofrats són de fusta
- **Revestiments:** Els murs d'earthbag es van acabar amb dues capes d'estucat de ciment i argila amb base de calç, aplicades sobre tela de galliner.
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** El replè dels sacs és sorra blanca i coral trossejat, obtingut del procés de dragatge d'un port proper.

b) Descripció general

Aquest edifici es troba a Rum Cay, a les illes Bahames. Steve i Carol són els autors del disseny i la construcció, amb la col·laboració de Kaki Hunter i Donald Kiffmeyer, els quals també van incloure aquesta construcció al seu llibre. L'edifici consisteix en una planta hexagonal construïda amb murs verticals.

A sobre d'aquesta planta n'hi ha una altra el forjat de la qual és de fusta. Entre les dues plantes compta amb una superfície d'uns 90 m². A més, la planta superior compta amb una terrassa-mirador perimetral que permet admirar el paisatge natural que té al voltant. La coberta és inclinada, de fusta.



Figura 96. Obertures en forma d'arc apuntat.

Es tracta d'un habitatge construït amb earthbag convencional. Els fonaments són superficials i simples, ja que consisteixen simplement en una rasa de 30 cm de profunditat. L'estructura és simple: la planta baixa d'earthbag fa de mur de càrrega i aguanta el pes del primer pis (de fusta) sense necessitat de pilars ni bigues afegides.

Les obertures són molt enginyoses, en forma d'arc apuntat. Tot el primer pis és de fusta, per a donar-li lleugeresa a l'estructura. La teulada és inclinada feta també amb estructura de fusta.

c) Punts d'interès:

- Un aspecte interessant és que el replè dels sacs no és res més que sorra blanca i coral trossejat, obtingut del procés de dragatge d'un port proper. Una mostra més de que les possibilitats amb aquest sistema són infinites, i que a més poden ser una solució per a eliminar el que en principi semblen simples materials de rebuig i transformar-los en construcció.



Figura 97. Steve Kemble carregant la sorra blanca dragada.

A més a més és més econòmic que excavar per a produir terra o comprar-la, ja que les graveres o el port en aquest cas, desitgen desfer-se d'aquests residus.

- Segons l'autor de la descripció de l'edifici, aquest ha resistit diversos huracans sense sofrir danys estructurals⁴².

⁴² <http://www.earthbagbuilding.com/projects/sandcastle.htm>

- Un altre aspecte interessant és que l'edifici té dues plantes de diferent tipologia constructiva, formades a partir de dues estructures diferents, cosa inèdita en la construcció earthbag, o com a mínim poc comuna. Un altre exemple de que la construcció amb earthbag permet noves possibilitats i que encara és un sistema que s'ha explotat molt poc.



Figura 98. Construint l'estructura superior de fusta.

3.1.4 Cinc exemples de projectes notoris

Ja s'ha vist una gran varietat de construccions d'earthbag i superadobe. Algunes més simples, altres de més complexitat, de diferents tipologies constructives... però anem una mica més enllà i examinem alguns dels projectes més significatius a nivell mundial, ja que com s'ha pogut veure en alguns casos, no tan sols hi ha hagut persones que s'han construït el seu habitatge amb earthbag, sinó que existeixen projectes de major envergadura, com els que es poden veure a continuació.

1. Labors humanitàries a Haití



Figura 99. Haití després del terratrèmol de 2010.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Diverses ONG i associacions humanitàries
- **Tipologia de projecte:** Habitatges de baix cost amb propòsit humanitari
- **Ubicació:** Haití (i rodalies)
- **Superfície:** -
- **Any de construcció:** Després del terratrèmol de 2010
- **Pressupost de l'obra:** Habitatges de baix cost
- **Mètode constructiu:** Earthbag i superadobe
- **Coberta:** Diverses tipologies segons l'edifici
- **Encofrat:** Fusta en la seva majoria
- **Revestiments:** De calç, adob o morter de ciment depenent de l'edifici

- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** En aquest projecte global a Haití, la construcció amb terra ha obert la porta a la creació d'habitatges per a la població desfavorida pel terratrèmol de 2010. La construcció earthbag ha proporcionat llars econòmiques, ecològiques, ràpides i senzilles de construir.

b) Descripció general:

El 12 de Gener de 2010 es va produir un terratrèmol d'us 7'2 graus a l'escala de Richter, amb epicentre a Port au Prince. En van seguir rèpliques de considerable magnitud. El balanç total segons les dades oficials va ascendir als 316.000 morts, 350.000 ferits i més de 1'5 milions de persones sense llar.

De seguida es van plantejar dos reptes necessaris per a reconstruir la ciutat: trobar una manera de construir habitatges de forma ràpida, però a la vegada resistents, sobretot enfront de nous terratrèmols.

Les ONGs es van bolcar en les ajudes humanitàries des del primer moment. Algunes d'elles, com es pot veure a continuació, van optar per la construcció amb earthbag.

Degut a aquesta primera necessitat a Port au Prince, la construcció amb earthbag i superadobe ha arribat a Haití amb més força que a altres països llatinoamericans. A continuació es podran veure un seguit de cases construïdes a Haití.

La majoria d'elles són projectes humanitaris. S'ha escollit l'earthbag per diversos motius, que són de gran interès en la reconstrucció després de catàstrofes naturals, les quals són:

- Possibilita una ràpida construcció i posada en funcionament.
- Les construccions earthbag destaquen pel seu baix cost.
- Es pot utilitzar un gran percentatge de mà d'obra no qualificada en la construcció.
- Té capacitat d'absorbir grava i runa triturada fruit dels edificis danyats o derruïts.
- Ofereix la possibilitat de construir habitatges temporals o permanents.

- Té bones propietats antisísmiques.

La següent obra es va construir a Port au Prince per la ONG **Builders Without Borders**. Tot i que la construcció principalment està feta amb bales de palla, es va optar per construir la part inferior dels murs amb earthbag⁴³.



Figura 100. Part inferior del mur feta amb earthbag.

L'Associació **Rasin Foundation** també ha construït una petita clínica a Petite-Riviere, un poble situat prop de Leogane, on s'atén a la gent dels pobles propers⁴⁴.



Figura 101. Clínica d'earthbag a la Petite-Riviere.

L'equip interdisciplinari d'investigació i disseny de la Universitat de Cincinnati també va experimentar amb l'earthbag a Haití. Van proporcionar un pla de creixement a llarg termini a un orfenat a Port au Prince, anomenat el Bon Pastor. A més van

⁴³ www.haitistrawbale.wordpress.com

⁴⁴ www.rasinfoundation.org/programs/clinic

desenvolupar un petit projecte anomenat **Orange Tree Atelye**, construït de manera sostenible i d'un bon comportament estructural en front dels huracans i els terratrèmols⁴⁵.



Figura 102. El petit projecte experimental de Orange Tree Atelye.

Heats of Haiti també ha estat ajudant amb el seu projecte per a construir una escola per a un grup de nens orfes que estan vivint en tendes prop de Lounqlan. Els treballs van avançant, però el finançament és reduït. Al seu blog es pot fer un seguiment del progrés que han estat fent des del 2010 en endavant⁴⁶.



Figura 103. Construcció d'un dels edificis de l'escola.

L'organització **Barrels of Hope**, també s'ha ofert a ajudar als damnificats a Haití. El seu propòsit és ajudar construint cases d'earthbag de forma exclusiva. Ja han construït

⁴⁵ www.theorangetreeatelye.weebly.com/ota-blog.html

⁴⁶ www.howsitgoinginhaiti.blogspot.com

dues cases, i fins i tot s'han permès el luxe de fer un test d'impacte per avaluar la possible afectació d'un mur d'earthbag durant un huracà⁴⁷.

Figura 104. Test d'impacte



per a avaluar un mur earthbag.

El test consistia en propulsar una biga de fusta lleugera a un mur d'earthbag, i observar els danys que es produïen. Es van fer cinc llançaments, i només un va travessar el mur. Val a dir que el mur no tenia revestiment ni tela de galliner, per la qual cosa era més fàcil de punxonar.

⁴⁷ www.barrelsofhope.org

L'organització **Konbit Shelter** també ha realitzat dos projectes a Haití. El primer es tracta d'un centre comunitari, que a la vegada serveix com a refugi enfront de terratrèmols o huracans. El sistema que es va utilitzar és el de superadobe, i la major part de la mà d'obra era local⁴⁸. Un any més tard van construir una llar per a Monique, una mare soltera. La tècnica va ser molt similar a l'anterior construcció⁴⁹.



Figura 105. Centre comunitari a Barriere Jeudy, prop de Leogane.



Figura 106. Casa de Monique, a Bigones, prop de Leogane.

⁴⁸ www.earthbagbuilding.com/projects/konbitshelter.htm

⁴⁹ www.earthbagbuilding.com/projects/konbit2.htm

També hi han hagut algunes iniciatives d'associacions de caire religiós per a ajudar als damnificats del terratrèmol. Alguns dels projectes d'ajuda d'aquestes associacions també es van construir amb earthbag, com podem veure als següents exemples:

A Bois Marchand prop de Gonaïves, es va dur a terme una construcció a càrrec de l'organització **Haití Christian Development Project**, va ser el seu primer experiment a Haití amb earthbag, la qual van construir durant la seva visita a l'estiu de 2010. Es tracta d'una caseta no gaire gran, però que servirà per a que un home i dos orfes hi visquin. L'habitatge té un pressupost d'entre 2100 i 2500\$, tenint en compte que el terra i el cercol de vora es van dur a terme amb formigó, la qual cosa encareix una mica el pressupost.



Figura 107. Petita casa a Bois Marchand.

Els veïns de la zona van quedar admirats amb aquest tipus de construcció, i sembla que ha adquirit tanta popularitat que alguns veïns també desitgen construir-se la seva.

Quan el grup va tornar a Haití per segona vegada al desembre de 2010, ja tenia entre mans un projecte més gran: la construcció d'un camp de refugiats a Bangnol per acollir damnificats de possibles terratrèmols. El projecte consta de catorze barraques, deu de les quals ja estan acabades, amb un pressupost per habitatge de 2200\$. Per a la seva construcció s'ha contractat a personal local.



Figura 108. Camp de refugiats a Bangnol.

En l'actualitat estan duent a terme una nova proposta que pretén ser un centre d'acollida per a un centenar de nens, amb capacitat per a tres classes. El centre també està dissenyat amb earthbag estructural.

La següent és una construcció duta a terme per l'associació **Pwoje Espwa** (Projecte Esperança). És una associació cristiana que regenta un orfenat prop de Leogane. També han construït una petita llar amb earthbag, anomenada *Sun House*. L'interessant en aquest cas és que un cop enllestida l'obra, la zona va patir un terratrèmol. Tot i que moltes estructures de formigó van cedir, la Sun House no va patir cap dany.



Figura 109. La Sun House, prop de Leogane.

Tot i que l'epicentre no estava a prop de l'edifici, val a dir que els estudis realitzats a Cal-Earth sota la supervisió de Nader Khalili han mostrat uns resultats molt optimistes en quant a resistència sísmica. A Hesperia es va poder comprovar que la resistència dels murs d'earthbag superaven la capacitat de l'equip de test, i no arribaven a deformar-se ni trencar-se. De fet van rebre la catalogació de resistència al nivell més perillós, el de zona sísmica 4⁵⁰.

Una altra associació religiosa que està posant el seu granet d'arena és la **Fundation of St. Peter**, que està promovent cases amb earthbag a Haití. Una d'aquestes és la que podem trobar a Petite Goave. L'associació explica: "Hem iniciat la construcció de cases d'entre les runes d'Haití. Ajudem a les famílies a reconstruir les seves pròpies cases a través del programa earthbag adaptat per a Haití. Proveeix habitatges, treball i refugi per a tants habitatges com patrocinadors puguem trobar. El cost dels materials per a una llar és de: 500\$⁵¹.



Figura 110. La caseta construïda a Petite Goave.

⁵⁰ www.naturalbuildingblog.com/earthquake-resistant-earthbag-houses

⁵¹ www.tfosp.org/blog

L'últim exemple que es presenta en aquest apartat és la casa d'Eugene, a Mizak. Ha estat finançada per un grup metodista anomenat **TBUM Church**. L'habitatge és senzill i amb la teulada de xapa, construïda per a una família haitiana. A la casa hi viuen Eugene i el seu marit, el pare d'ella, i els seus set fills (10 persones). El pressupost s'estima sobre 6000\$.

Observant el pressupost, es pot observar que el que encareix més l'obra ha estat la compra i transport de la sorra. No se sap per quin motiu ha estat així, ja que si es treballa amb terra de rebuig, runa o terra del propi terreny sol ser una de les partides més barates. La part de formigó també encareix el preu.⁵²



Figura 111. Eugene i la seva família a la seva nova casa.

Com s'ha pogut veure amb aquests breus exemples, l'earthbag ha tingut i està tenint un paper fonamental en el desenvolupament de projectes humanitaris a Haití. A l'inici de l'apartat ja s'ha mencionat quins eren els punts forts de l'earthbag en quant a construcció ràpida i de refugis, i val molt la pena tenir aquest tipus de construcció en compte en qualsevol situació similar.

⁵² www.tbumchurchhaitiumvimteam.blogspot.com

c) Punts d'interès:

- La construcció amb earthbag proposa una forma de construcció simple, ràpida, ecològica, resistent i econòmica, ideal per a la reconstrucció de llocs desolats per catàstrofes naturals o guerres. La terra i la runa són un material present en qualsevol zona damnificada.
- La població (desocupada per culpa de la catàstrofe) pot ajudar a accelerar la construcció, i a més no fan falta grans recursos econòmics per a posar en marxa aquest tipus de projectes. A més, facilita que les persones obtinguin una llar de forma ràpida sense tenir menys resistència per aquest fet.
- Les característiques de la construcció amb earthbag possibiliten el desenvolupament d'una gran quantitat de projectes humanitaris, en aquest cas a Haití, però també arreu del món.

2. Vila Ecològica a Uganda



Figura 112. Disseny digital del projecte de poblat ecològic.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Akio Inoue (direcció) i Kikuma Watanabe (disseny)
- **Tipologia de projecte:** Poblat d'earthbag (habitatges)
- **Ubicació:** Uganda
- **Superfície:** -
- **Any de construcció:** 2008
- **Pressupost de l'obra:** Habitatges de baix cost
- **Mètode constructiu:** Earthbag
- **Coberta:** Cobertes africanes tradicionals
- **Encofrat:** Fusta en la seva majoria
- **Revestiments:** Exterior de morter de ciment pintat, interior enguixat
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

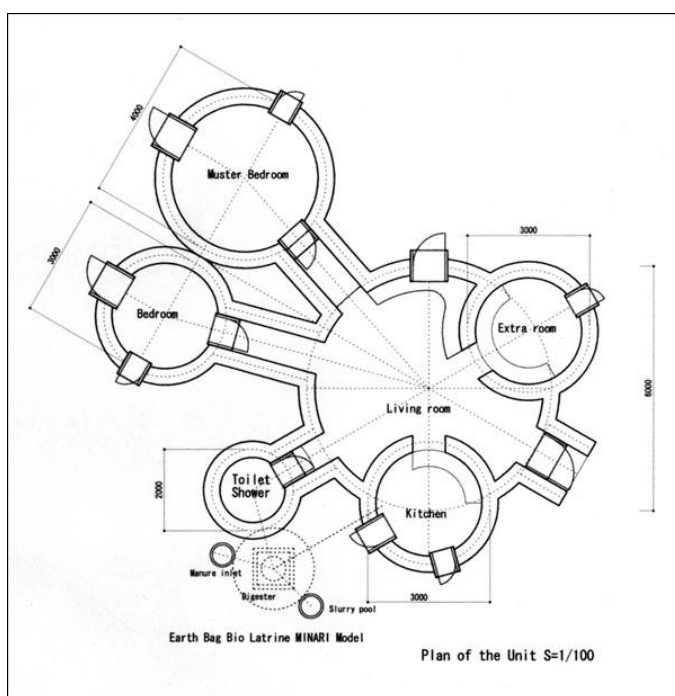
Aquest projecte iniciat al 2008 ha estat dirigit per Akio Inoue, i ha estat dissenyat en la seva majoria per l'arquitecte Kikuma Watanabe, el qual ja hem conegut pel seu projecte a Jordània.

El projecte consisteix en un poblat ecològic i sostenible situat al marge del llac Victoria, a l'Àfrica de l'Est, on conflueixen Uganda, Burundi, Ruanda, Tanzània i Kenia,

països que s'uneixen pel llac Victoria. El projecte pretén aportar una petita ajuda a la pobresa de la zona, i alhora permetre als habitants d'aquest poble auto abastir-se i gaudir de forma ecològica d'electricitat i altres serveis bàsics.

Els habitatges d'aquest projecte s'han construït amb sacs individuals, amb l'ajut de mà d'obra local. Un dels primers passos que Watanabe i els seus companys de projecte van donar va ser ensenyar als habitants locals a construir amb earthbag. Ja se sap el proverbi: *"si un home té gana, dóna-li un peix i tindrà menjar per un dia; ensenya-li a pescar i tindrà menjar per tota la vida"*. En aquest cas el proverbi és aplicable, ja que la continuïtat del projecte depèn de que els habitants de la zona coneguin la tècnica earthbag i s'impliquin en el projecte.

Figura 113. Plànol escala 1:100 de la planta dels habitatges.



El projecte està compost per tres grups d'edificis, a més d'una torre d'aigua al centre del poblat.

La torre està disposada al centre per a que tot el poble hi tingui accés de forma pública i senzilla.

Cada grup es compon de quatre edificis, cadascuna amb sala d'estar, cuina, dos dormitoris, bany, lavabo i una habitació extra.

Cada unitat de quatre habitatges compta amb una latrina de biomassa i un aerogenerador domèstic per a obtenir electricitat a partir del vent. S'han ideat uns boscos de bambú al voltant dels aerogeneradors, per a dirigir el vent de forma més eficient.

El projecte inicial de Watanabe consistia en la construcció d'un dels habitatges, per a donar experiència a la població local i per a que tinguessin un model per a seguir construït per si mateixos la resta d'edificis⁵³.

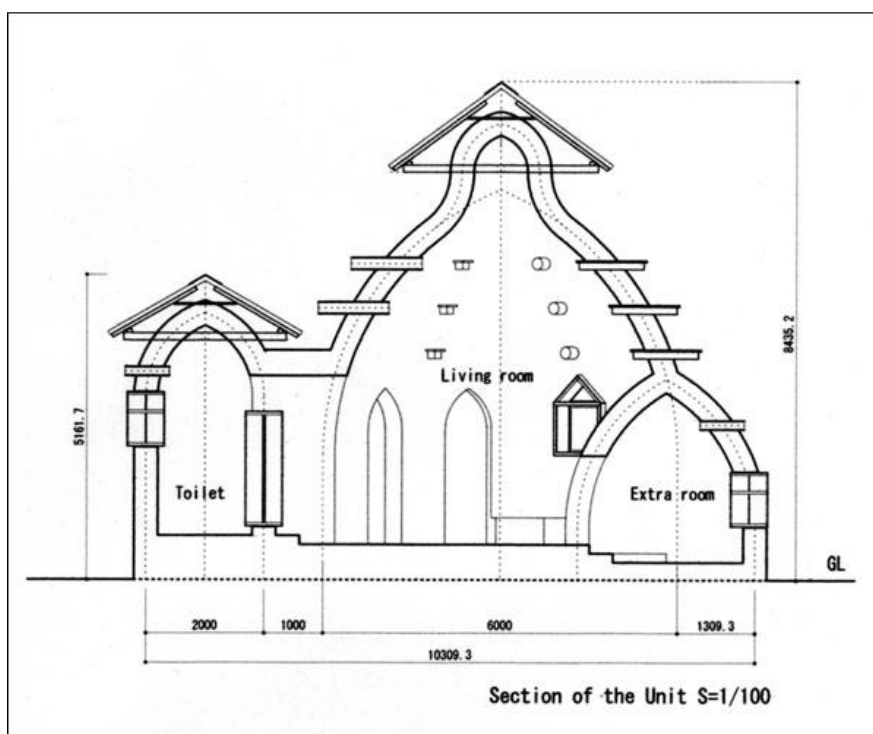


Figura 114. Plànol escala 1:100 de la secció dels habitatges.

La construcció de l'habitatge és la típica: s'assenta sobre un llit de grava, i filada rere filada es va construïnt tot l'habitatge, que consta de diversos doms.

Els encofrats per a les obertures s'han fet amb fusta, i l'arrebossat exterior és de morter de ciment pintat. Les cases tenen un petit sostre decoratiu, que pretén emular l'estil local dels sostres fets amb rames i fulles.

⁵³ www.d-ken.info/projects/ecovillage/Photo12.html



Figura 115. Imatge de l'edifici pilot finalitzat al 2009.

En l'actualitat el poblat consta tan sols de l'habitatge inicial, la resta d'edificis són de tipologia tradicional. La idea és que els habitants del poble vagin construint més habitatges amb earthbag similars a la primera, ja que són més resistents i duradores que les cases de terra i sostre de palla o les tendes.



Figura 116. Imatge de l'edifici durant la visita feta al 2012 .

c) Punts d'interès:

- En aquest cas la construcció amb earthbag ha servit per a crear un projecte bastant ambiciós, que no és un altre que el de crear un poblat sencer, per a proporcionar unes millors condicions de vida a la gent de la zona. La versatilitat de l'earthbag permet projectes d'aquest tipus.
- La simplicitat de la tècnica constructiva permet que projectes d'aquesta mena es puguin deixar en mans directament als residents locals després d'unes poques nocions pràctiques i teòriques.

3. Projecte *Pegasus*: escoles al Nepal

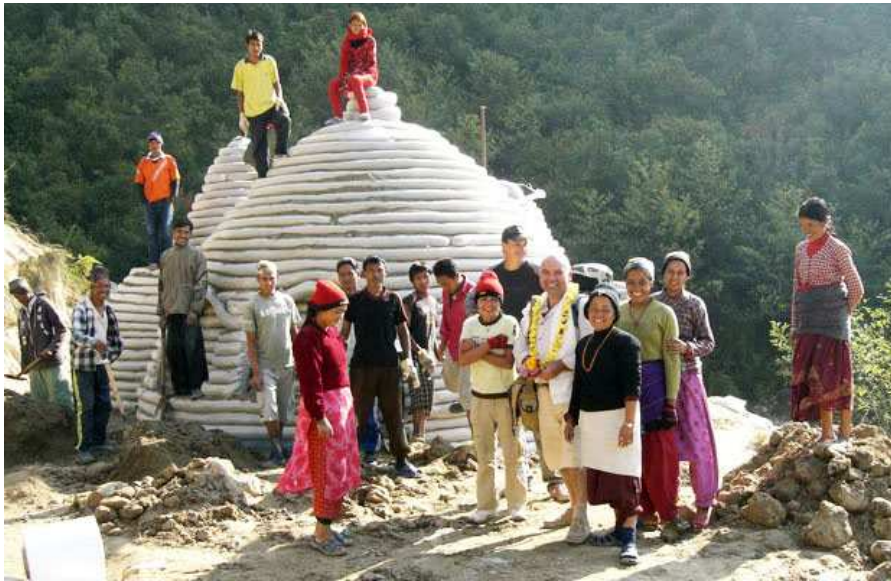


Figura 117. El projecte Pegasus pretén construir varies escoles al Nepal.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Associació *Small-Earth*
- **Tipologia de projecte:** Escola
- **Ubicació:** Katmandú
- **Superfície:** Uns 90m²
- **Any de construcció:** 2007
- **Pressupost de l'obra:** Baix cost
- **Mètode constructiu:** Superadobe
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Fusta en la seva majoria
- **Revestiments:** Morter de ciment pintat amb pintura natural
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

Visitem novament el Nepal, per a estudiar un projecte dut a terme per l'associació *Small-Earth* a Katmandú, en una zona muntanyosa. Un cop construïdes algunes escoles a la zona de Katmandú, les ONG locals es van adonar que molts dels nens no podien assistir-hi amb regularitat degut als alts i baixos en la seva vida diària, degut a que molts vivien sense llar i sense pares pels carrers de Katmandú. Per això es va dissenyar el projecte Pegassus, que pretén crear un orfenat amb earthbag, amb capacitat per uns 80 nens i els seus cuidadors.

La construcció es va dur a terme amb l'assessorament de Nader Khalili, i en la construcció van participar uns 100 empleats locals. Està feta amb el mètode superadobe reforçat amb filferro espinós, sobre un llit de grava. Després la construcció s'ha revestit amb morter de ciment i per últim pintat amb una barreja de llet i oli de llinassa.



Figura 118. Treballs de construcció de l'escola.

La construcció es va acabar al 2007 i actualment està en ús. Sembla que la construcció amb superadobe ha agradat als nens i que es troben bé a les instal·lacions. Es preveu comprar terreny pròxim a l'orfenat per a ampliar el projecte en un futur.



Figura 119. Els dormitoris dels nens, un cop enllestit l'edifici.

La participació de la gent local va estar present en tot moment, així com l'esforç de les ONG locals i estrangeres, que van donar un suport tècnic i econòmic a tot el procés. El projecte ha tingut un gran seguiment i fins i tot es poden trobar diversos vídeos de la construcció a internet⁵⁴.



Figura 120. La comunitat local es va bolcar en la construcció .

⁵⁴ <http://www.earthbagbuilding.com/projects/pegasus.htm>

c) Punts d'interès:

- La construcció amb earthbag possibilita la construcció en llocs inhòspits e inaccessibles com Katmandú. La capacitat que té aquesta tècnica de posar-se en pràctica amb materials naturals del propi entorn de la construcció (tant en l'aspecte estructural com el d'acabats) és infinita.
- La implicació dels habitants locals en aquest tipus de construccions és molt bo: fomenta el seu apreci per l'edifici i la construcció, augmenta el coneixement de l'edifici per part dels futurs usuaris de l'edifici, un aspecte interessant a l'hora de reformar o modificar l'edifici. Com a últim aspecte, es pot dir que en certa manera millora la qualitat de l'edifici, ja que en ser auto-construït, sempre es té més cura de fer bé el que és per a un mateix.
- També és molt important la participació dels menors d'edat ja que és una manera de fomentar la construcció sostenible per a les generacions futures. A més són els que utilitzaran l'escola, i és un aspecte positiu que la valorin.

4. Projecte d'un parc infantil a Londres



Figura 121. El parc infantil de Hounslow està construït amb superadobe.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Associació *Small-Earth*
- **Tipologia d'edifici:** Parc escolar
- **Ubicació:** Londres, barri de Hounslow
- **Superfície:** -
- **Any de construcció:** 2010-2011
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Superadobe i earthbag
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Fusta en la seva majoria
- **Revestiments:** Morter de ciment pintat
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

L'escola infantil Hounslow Heath, al barri de Hounslow, Londres, ha dut a terme una aposta ecològica i innovadora a la vegada per al seu nou parc infantil. Es va decidir crear un parc infantil que constaria de diverses zones de joc i d'aprenentatge diferents, on els nens podrien jugar i gaudir de l'esbarjo.

La direcció de l'escola va fer una aposta pel superadobe, per diversos motius: en primer lloc, volien que les obres del parc fossin interactives per als nens, de forma que aquests poguessin observar i aprendre el que s'estava construint, i d'aquesta forma familiaritzar-los amb la construcció ecològica.

El fet que els nens estiguin presents durant la construcció fomentarà un respecte envers al parc i les seves estructures un cop acabat. A més del fet que estigui construïda amb superadobe, la construcció és de per si natural, amb moltes zones verdes per a fomentar un ambient ecològic i distès per als infants. No obstant hi ha un motiu de pes per haver construït el parc amb sacs de terra: un gran problema acústic.



Figura 122. Altres estructures d'earthbag construïdes al parc.

Resulta que l'escola es troba just a sota de la trajectòria de vol de l'aeroport de Heathrow, i els avions passen a tant sols uns 300 metres per sobre de l'escola aproximadament cada 2 minuts! Podem imaginar-nos l'efecte que ha de tenir en els nens aquest fet.

Les aules estan preparades per a permetre un ambient confortable a classe, però un cop a fora, al pati de l'escola, els nens no poden escoltar-se entre sí ni interactuar de forma normal, cosa que repercuteix en el seu desenvolupament. Per això al nou pati s'han incorporat uns petits doms on els nens poden jugar i parlar, inclús quan passen els avions.

L'obra va començar el juny del 2010 i va finalitzar a principis de 2011, duta a terme pel grup *Small-Earth*. Consta de túnels, ponts, casetes d'earthbag, jardí, sorral... on els nens poden jugar i aprendre d'una forma divertida.



Figura 123. Construcció dels doms del jardí infantil.

Un cop acabats els doms, les probes acústiques van determinar que el soroll es reduïa en més de 17 decibels i es va apreciar una reducció considerable de la duració del soroll⁵⁵.

S'ha de tenir en compte que les casetes no tenen fusteria que aïlli de l'exterior, ja que no són un habitatge. Amb fusteries (portes o finestres) segurament els decibels disminuirien molt més, però l'objectiu de les casetes és l'esbarjo dels nens d'una forma utilitària.

⁵⁵ www.small-earth.com/gallery/houn/sow-heath-school

L'escola va gravar un vídeo sobre el primer dia dels nens al jardí, on també es poden veure imatges de la construcció del jardí infantil i també l'entrevista a Julian Faulkner de Small-Earth, que explica les seves impressions de l'obra i que mostra la construcció d'un edifici earthbag de prova a Londres⁵⁶.



Figura 124. Les estructures de superadobe encaixen perfectament en l'entorn verd.

c) Punts d'interès:

- La construcció amb earthbag/superadobe és una tècnica molt ecològica. En aquest cas aquesta qualitat s'ha utilitzat de forma educativa per als nens de l'escola de Hounslow. En aquest cas la implicació dels nens també fomenta el respecte en vers al mobiliari i edificis que s'han construït.
- Com podem veure les construccions amb earthbag també proporcionen un bon aïllament acústic, a més a més del seu més que demostrar aïllament tèrmic.

⁵⁶ www.youtube.com/watch?v=KTXRfHcuU8c

5. Camp de refugiats a Baninajar (Iran)



Figura 125. Camp de refugiats de Baninajar construït amb earthbag.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Associació *Cal-Earth*, amb la direcció de Nader Khalili
- **Tipologia del projecte:** Camp de refugiats
- **Ubicació:** Baninajar, Iran
- **Superfície:** -
- **Any de construcció:** 1995
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Earthbag convencional
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrat:** Fusta en la seva majoria
- **Revestiments:** Argamassa d'adob
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

Els "refugis earthbag" combinen l'arquitectura tradicional amb un disseny innovador per a oferir una alternativa senzilla, econòmica i duradora per a refugis convencionals o habitatges de baix cost.

A petició del *Programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament* (PNUD) de Teherán, en cooperació amb l'*Alt Comissionat de les Nacions Unides per als Refugiats* (ACNUR), Nader Khalili va emprendre un projecte al 1995 per a donar refugi als desplaçats que van anar a l'Iran des de l'Iraq per culpa d'unes inundacions. Això va servir a més a més per a avaluar la viabilitat i el cost de la construcció amb earthbag.

A la fase 1 del projecte, es van considerar dos prototips de refugi. El Prototip 1, un refugi d'emergència, amb forma bàsica d'un dom, i el Prototip 2, amb un disseny actualitzat i amb petites variacions dels materials. El principal objectiu d'aquest projecte era valorar les possibilitats dels refugis earthbag en cas d'emergència real.

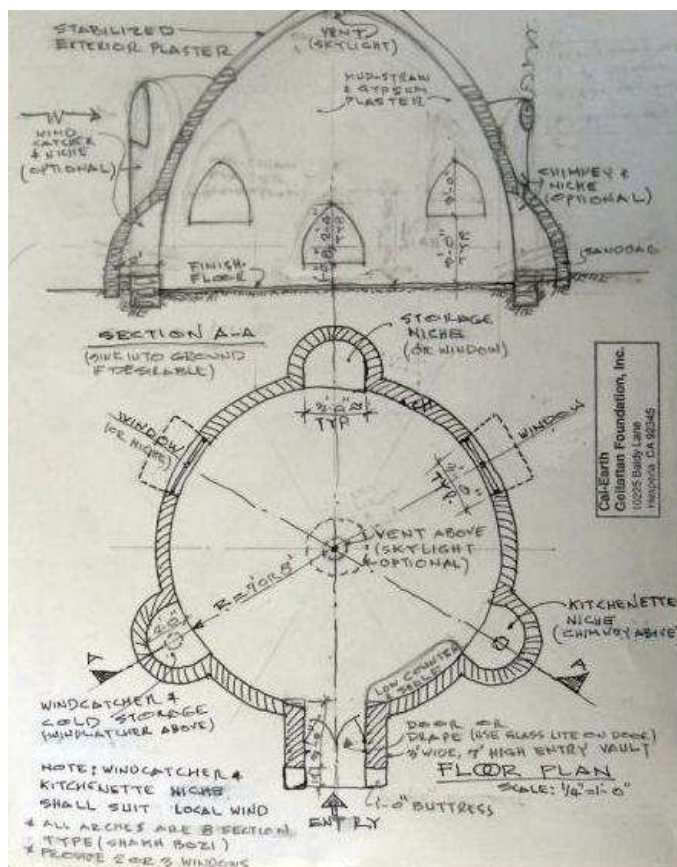


Figura 126. Croquis fet a mà d'un refugi d'earthbag.

La fase 2 del projecte consistia en dur a terme una aplicació pràctica dels resultats de la fase 1. Es va posar especial èmfasi en la participació dels habitants locals en la construcció, amb el propòsit d'avaluar la necessitat de mà d'obra, i mesurar la reacció social i cultural a aquest model constructiu.

Durant aquesta fase es van construir les 14 unitats constructives amb earthbag que formen el camp de Baninajar. Van ser construïdes com sol ser comú amb l'ajut de la població local, i amb terra i sorra procedents del propi emplaçament.



Figura 127. Interior d'un dels refugis de Baninajar.

Tot i que el projecte també estava pensat per a acollir de forma eventual desplaçats d'algun conflicte bèl·lic, sembla que finalment el projecte va caure en l'oblit, tot i que s'afirma que van desmantellar el campament un cop acabada la utilitat que tenien. No obstant hi ha qui diu que això podria no ser cert, ja que es sap que després de les inundacions van seguir sent utilitzats i es van integrar en un campament més gran.

Aquest projecte va permetre a les autoritats avalar la construcció earthbag com una construcció resistent, senzilla de construir, econòmica i ecològica. Com es pot veure és una tècnica constructiva que pot jugar un paper fonamental en la construcció de refugis per a desplaçats d'algun conflicte bèl·lic o desastre natural.



Figura 128. El camp va ser un dels projectes pioners de Nader Khalili.

c) Punts d'interès:

- La construcció earthbag proporciona una ràpida posada en marxa de campaments de refugiats o de damnificats, degut a la seva ràpida construcció i l'accessibilitat dels materials que requereix.
- La població desplaçada o damnificada pot participar en la construcció per accelerar-la. El fet de poder participar en una feina com aquesta proporciona a les persones que ho han perdut tot una gran font de motivació i un motiu pel qual seguir lluitant. A la vegada crea llaços molt especials entre persones de diferents nacionalitats i ètnies.

3.2 ESTAT DE LA CONSTRUCCIÓ AMB EARTHBAG A ESPANYA

La construcció amb earthbag no s'ha estès amb tanta força a Espanya com a altres indrets del món, segurament per algunes de les següents raons:

- Fins fa poc, els usuaris d'habitatges tenien fàcil finançament a l'hora de construir.
- L'ecologia no ha tingut una influència tant forta en la construcció com en altres països.
- No és un país necessitat d'habitatges de baix cost a baix preu (al menys de moment).
- La legislació espanyola és molt reticent a acceptar mètodes de construcció alternatius.
- La legislació urbanística a Espanya es més estricta que en països en vies de desenvolupament on no hi ha gaire burocràcia ni control.

Tot i això la situació de la construcció a partir de l'any 2008 i amb l'explosió de la bombolla immobiliària, el panorama estatal ha canviat radicalment, fent de l'habitatge d'earthbag una alternativa més realista que en els anys anteriors.

El decreixement econòmic i l'empobriment de la classe mitjana, junt amb la incapacitat de finançament tant de particulars com d'empreses, crea un nou escenari:

- Necessitat d'habitatge assequible i de construcció barata (sense hipoteques).
- En algunes ocasions, persones amb terreny però amb pocs recursos econòmics o sense accés a finançament.
- Desgraciadament, precarietat humana que en alguns casos pot fer necessària i assequible la construcció d'habitatges de tipus humanitari (habitatge per a gent sense llar o desnonada).

Aquest seguit de factors i la consciència ecològica que malgrat els temps segueix adquirint poc a poc més pes en la nostra societat, poden jugar un paper fonamental per al desenvolupament i construcció de projectes amb earthbag o superadobe a Espanya i a altres països que fins ara es consideraven del 1^{er} Món però que estan passant poc a poc a un 2^{on} Món.

Tot i la situació, s'han realitzat alguns projectes amb earthbag o superadobe al país. Algunes associacions i empreses han donat a conèixer el mètode constructiu i ha arribat a una petita part de la construcció. Alguns dels següents projectes es troben a Espanya:

3.2.1 Restaurant Las Cúpulas



Figura 129. El restaurant *Las Cúpulas*, construït amb superadobe a Palència.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Projectat per l'arquitecta Pilar Díez Rodríguez
- **Tipologia d'edifici:** Restaurant
- **Ubicació:** San Cebrián de Campos, Palència
- **Superfície:** Uns 100m²
- **Any de construcció:** 2011
- **Duració de l'obra:** un any
- **Pressupost de l'obra:** -
- **Mètode constructiu:** Superadobe
- **Coberta:** Tipus cúpula
- **Encofrats:** Fusta
- **Revestiments:** Exterior arrebossat de calç i morter hidròfug, interior enlluït amb morter de calç
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclats:** -

b) Descripció general:

A San Cebrián de Campos trobem un restaurant molt peculiar, i es que es tracta d'un restaurant fet amb el sistema constructiu superadobe. Les obres van començar l'agost del 2011 i van acabar al 2012. Es tracta d'una de les poques construccions fetes amb sacs de terra que s'han empleat com a negoci, i la primera de la que es té constància de que hagi esdevingut restaurant.

El complex consta de 9 cúpules de superadobe, sis d'elles unides entre sí, formant l'espai del menjador, i les altres tres que formen l'espai de cuina i zona de personal. Compleix amb tots els requeriments de la legalitat vigent, tant com a edifici pròpiament i com a restaurant.

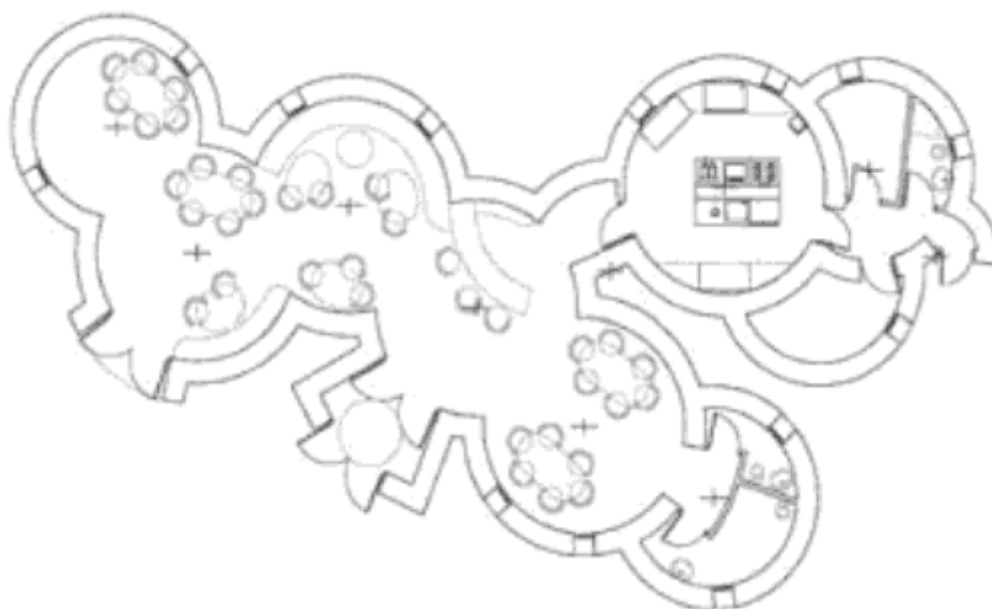


Figura 130. Planta de distribució del restaurant.

Ha estat construït sota la supervisió de l'arquitecta Pilar Díez Rodríguez. Ella mateixa descriu la construcció com "un edifici que consta d'una planta basada en circumferències, en la que l'absència d'un sol eix crea múltiples visions que enriqueixen la percepció de l'espai interior, on es destaca la il·luminació zenital de les cúpules i la seva altura de fins a 5 metres"⁵⁷.

⁵⁷ www.elnortedecastilla.es/20120618/local/palencia/cupulas-cebrian-201206181110.html

L'arquitecta també opina que la construcció amb superadobe "no és senzilla; abans d'aixecar un edifici de bioconstrucció és necessari estudiar els materials, el clima i la orientació, i tot això no es pot aprendre en un curs ràpid".

El projecte Las Cúpulas ja ha rebut un premi. Es tracta del premi Empresa Innovadora de Recent Creació que entrega la Diputació palentina per ser el primer d'Espanya en construir-se amb superadobe⁵⁸.

Precisament, la tècnica del superadobe és conseqüent amb la tradició arquitectònica de la zona, Tierra de Campos. En això també consisteix, en part, la bioconstrucció: recuperar materials i tècniques utilitzades antigament i que, tot i que una mica adulterades, poden generar construccions amb tot tipus de comoditats.



Figura 131. Exterior del restaurant durant la seva construcció.

El restaurant ha adquirit notable fama a la població degut al seu estil i forma, i és ha arribat a ser molt conegut a la zona.

Té una capacitat per a uns 45 comensals, està adaptat a persones amb discapacitat, i està dotat amb un entorn exterior disposat per a que els nens puguin jugar després d'haver menjat.

⁵⁸ www.101grados.blogspot.com.es/2013/02/auto-construccion-con-superadobe.html

Els seus propietaris, Alberto Aguado i Sagrario Calvo, ofereixen menús assequibles per a totes les butxaques, tant els dies laborals com els de cap de setmana. El restaurant està especialitzat en plats castellans propis de la zona⁵⁹.



Figura 132. Imatge de l'interior del restaurant.

Gràcies a un mètode constructiu segur, ecològic i econòmic, aquest restaurant ha pogut ser construït i posat en marxa en ple 2012. Esperem que el negoci prosperi!



Figura 133. Logotip del restaurant.

⁵⁹ www.sancebriandecampos.es/index.php/nuestro-pueblo/turismo/comer-y-dormir/restaurante-las-cupulas/

c) Punts d'interès:

- Les construccions earthbag o superadobe també poden funcionar com a negoci, no solament com a habitatge. Es poden adaptar a una gran multitud de propostes, com demostra aquest exemple.
- La construcció earthbag és econòmica sobretot quan es construeix amb el sistema en forma de cúpula. Això és així degut a que en construir el sostre amb sacs de terra, s'estalvia molts diners en la partida de coberta, ja que no requereix materials aliens a la resta de l'estructura ni mà d'obra especialment qualificada pels treballs. Aquesta facilitat ha contribuït a poder construir un local de 100m² en aquests temps econòmicament difícils.
- En algunes zones com la del exemple, la construcció amb terra té una llarga tradició. A la zona de Palència no hi havia tants jaciments de pedra com en altres llocs i per tant la construcció es basava més en tècniques constructives de terra. La construcció earthbag o superadobe són tècniques que permeten seguir la tradició de construcció amb terra de la zona d'una forma modernitzada.

3.2.2 Projecte La Semilla



Figura 134. La Semilla, construïda amb superadobe a càrrec Domoterra.

a) Dades d'interès:

- **Constructors:** Associació Domoterra
- **Tipologia d'edifici:** Habitatge
- **Ubicació:** Arañuel, Castellón
- **Superfície:** 140m² construïts
- **Any de construcció:** 2010-2011
- **Duració de l'obra:** 9 mesos
- **Pressupost de l'obra:** 100.000€ aprox.
- **Mètode constructiu:** Sistema superadobe
- **Coberta:** Cupulars i planes amb forjat de bigues de fusta.
- **Encofrat:** Majoritàriament de fusta
- **Revestiments:** Exterior arrebossat de terra i calç aèria, pigmentada amb pols mineral; interior enlluït d'argila i palla.
- **Materials revaloritzats/reutilitzats/reciclat:** -

b) Descripció general:

Entre el poble d'Arañuel i el de Montanejos, trobem aquest interessant complex d'earthbag anomenat *La Semilla*. Es troba integrat a la naturalesa de l'entorn, a la serra boscosa d'Arañuel.

Es tracta com en l'exemple del restaurant Las Cúpulas, d'un projecte que compleix amb la legalitat vigent. El seu procés d'aprovació es va realitzar amb el recolzament de les institucions, amb la llicència municipal i amb l'informe favorable de la Conselleria de Medi Ambient de la Generalitat Valenciana⁶⁰.

Figura 135. La Semilla està integrada a la zona boscosa on s'ha construït.

Es tracta d'un complex de 110 m² habitables, que està integrat per set domos, tots connectats al dom central (el més alt) i alguns connectats entre sí, formant una forma de flor vistos en planta.

Cada dom compleix una funció de l'habitatge de manera que totes les necessitats dels usuaris queden satisfetes.

Dos dels set domos no estan acabats amb cúpula, sinó amb sostre pla, fruit de la combinació de la tècnica superadobe i la construcció de forjat pla amb bigues de fusta. Aquests forjats plans, fan a la vegada de terrassa-mirador.

⁶⁰ www.ecodome.es/Proyecto1_La%20Semilla-Castellon.html

Figura 136. Plànol en planta de l'edifici.

L'obra ha estat realitzada per l'associació Domoterra, un equip de professionals dedicat a la construcció amb el sistema superadobe, i que també treballen en la difusió i transmissió de la tècnica.

Com ells mateixos afirmen, "despertem un nou paradigma de l'habitatge, en el qual tenir una llar és senzill, assequible, a l'abast de totes les mans, i a més genera vincles de col·laboració i ajuda entre persones.⁶¹" El sistema empleat en la construcció és el sistema superadobe importat de Cal-Earth, utilitzant terra local i materials i tècniques de qualitat.

La construcció de l'habitatge correspon a un sistema típic de sac continu reafirmat amb filferro espinós, amb la peculiaritat de que a la barreja de terra s'hi afegeix aproximadament un 10% de calç per a augmentar la resistència dels murs (més ecològica que el ciment).

⁶¹ www.domoterra.es/quienes-somos.html

Figura 137. Plànol en secció de l'edifici.

L'arrebossat exterior s'ha fet amb morter d'adob i calç aèria de Morón pintada amb tints naturals que respecten el medi ambient. Els acabats interiors s'han fet amb una barreja d'argila i palla enlluïda, totalment ecològica, i els sostres plans amb un embigat de fusta recobert amb una membrana de cautxú EPDM.



Figura 138. Dom de La Semilla durant el procés de construcció.

Com podem veure La Semilla s'ha construït de forma professional, complint la legislació vigent i tant el procés constructiu com els materials han set ecològics i econòmics.

L'obra ha permès posar en comú l'esforç d'un bon nombre de persones incloent els propietaris i els més de 30 alumnes que s'han format en la tècnica del superadobe durant els cursos impartits durant la construcció sota la supervisió d'un grup tècnic.

Podem afirmar doncs que també ha contribuït d'una forma positiva al desenvolupament de les relacions humanes en un àmbit com és el de la construcció, on aquest tipus de relació humana fraternal i sovint desinteressada fa molts anys que havia desaparegut.

c) Punts d'interès:

- En aquest cas la construcció és molt professional. Podem veure els resultats d'una bona aplicació de les tècniques constructives i el magnífic acabat fruit de l'experiència en la construcció. La tècnica de construcció amb earthbag i superadobe no requereix que tots els participants tinguin grans nocions en construcció, però sí que és recomanable que tot es construeixi sota la visió de professionals per assegurar una obra ben feta i amb les prestacions que s'hi esperen.
- La construcció amb earthbag permet construir de forma ecològica i sostenible, ja que a més del sistema estructural, tots els acabats, paviments i revestiments, són susceptibles de fer-se amb productes naturals o revaloritzats.
- L'aparició d'associacions o empreses com Domoterra propicia una vessant professional del mètode superadobe o de la construcció earthbag convencional. Això contribueix a professionalitzar el sistema i a introduir-lo al sector de la construcció com una alternativa viable i efectiva.
- Tot i això aquest factor pot tenir els seus inconvenients a llarg termini, com la desvinculació de l'usuari de l'edifici de la seva construcció, o la disminució del caràcter cooperatiu i agradable que s'ha anat creant al voltant de la construcció d'aquest tipus d'habitatges.

3.3 CONCLUSIONS DE L'ESTAT DE L'ART

Com a resum final de l'apartat, podem extreure diverses conclusions de tots els projectes i edificis d'earthbag que s'han vist. Aquest és un recull de les principals conclusions a les que podem arribar estudiant els diferents exemples que es proposen a l'apartat:

Tipologia constructiva:

- L'earthbag no només respon a edificis en forma de cúpula: es poden **construir una gran quantitat de formes** per a l'habitatge, tant cúpules com edificis de parets verticals. A més es poden construir arcs, i construir edificis de dues plantes sempre que es faci amb rigor constructiu. Les teulades també poden ser molt diverses, així que l'aparença d'un edifici d'earthbag no és estàtica sinó que és tant versàtil com hom desitgi.
- Les construccions amb earthbag no han de ser necessàriament habitatges. La versatilitat que es menciona al paràgraf anterior també contribueix a poder crear un ventall de projectes diversos, com habitatges, cases de jardí, restaurants, escoles, estudis de música i **tipologies edificatòries d'allò més diverses**.

Sistema constructiu:

- Hi ha dues tècniques constructives diferenciades de construcció amb sacs de terra: el **sistema convencional** que consisteix en apilar filades de sacs de terra (convencionals) com si fossin maons, i el **sistema superadobe** que consisteix en fer filades de sac continu (un sac molt llarg) i que agilitza molt la construcció dels edificis.
- L'earthbag **no només pot servir com a element estructural**, sinó que pot conformar tancaments per a estructures fetes amb altres materials. També pot utilitzar-se per a crear elements de mobiliari com jardineres, bancs de jardí, inclús casetes per a les mascotes!

- L'earthbag és versàtil també en la seva funció constructiva i admet favorablement la introducció d'altres sistemes constructius, de forma que **podem construir edificis d'estructura mixta** (com ara forjats plans, inclinats o fins i tot pilars).
- **El sistema constructiu és simple** tècnicament parlant, i per tant es poden construir edificis amb l'ajut de treballadors sense qualificació en el sector de la construcció. No obstant hauria de ser obligatòria la intervenció i supervisió de professionals en la construcció de qualsevol edifici d'earthbag.
- Una bona pràctica constructiva és la de construir les primers dos o tres filades amb replè de grava, per a que l'aigua no pugui accedir a l'edifici per capil·laritat. També és acceptable (però menys ecològic) el recobriment amb una làmina asfàltica de les dues primeres filades, per **impedir l'ascensió de la humitat a través del mur**.

Materials:

- La construcció amb earthbag **admet una gran varietat i tipus de revestiments**, tant interiors com exteriors. No obstant el material de recobriment exterior ha de ser adequat pel clima i la zona on es construeix, i s'ha de fer amb materials i sistemes constructius adequats. Per exemple, el guix no es pot utilitzar com a recobriment exterior ja que no és impermeable i és altament higroscòpic. Convé utilitzar un revestiment exterior que proporcioni impermeabilitat a la terra, com el morter de calç.
- Construir sense sacs de plàstic o retirar-los pot semblar millor per a unir l'argamassa amb la terra dels murs, però fomenta l'erosió dels murs de terra i en cas d'inundació o pluges continues no garanteix l'estabilitat de l'estructura. **Si es vol construir sense sacs de plàstic, s'ha de garantir l'estanquitat de l'estructura.**
- Amb el sistema earthbag es poden **reutilitzar materials de rebuig** com ara pneumàtics usats per a encofrats en forma de circumferència, sorra de rebuig de graveres, runa triturada i molts altres. També permet reciclar tancaments de segona mà o altres objectes que es puguin adaptar de forma creativa a les necessitats de l'edifici.

- **El replè interior dels sacs ofereix una gran varietat de possibilitats:** pot ser simplement terra amb argila, del propi terreny o adquirida a part. Pot contenir un percentatge de ciment o de calç per a donar més resistència al conjunt, pot tenir un percentatge de runa triturada, grava o petites roques de forma que permet absorbir residus.

Beneficis constructius:

- **S'adapta a una gran varietat de climes**, de diferents temperatures i pluviometries. Secs o humits, calorosos o freds, l'earthbag s'adapta als diversos tipus de clima amb senzilles variacions en el disseny.
- **Alta inèrcia tèrmica**, com demostren alguns exemples d'habitatge solar passiu.
- **Bon aïllament acústic** com demostra el projecte de Hounslow, o l'estudi de música a Baja California.
- **Materials locals i de baixa energia embeguda**, com ho demostren exemples com l'escola a Nepal
- **Bona resistència sísmica** com ho demostren els projectes de Nader Khalili i altres construccions que han sortit indemnes de catàstrofes naturals.
- Construcció senzilla en quant a coneixements, **fàcil de posar a la pràctica i ràpida de construir**, amb l'avantatge de ser un **sistema ecològic i a més a més econòmic**.

Beneficis complementaris:

- És un sistema que **combrega amb la naturalesa**, ecològic i sostenible, però que a l'hora garanteix un **bon comportament estructural i una bona durabilitat**.
- **Participació veïnal:** Com es pot observar en la majoria de projectes, la construcció amb earthbag permet que els propis vilatans, inclosos els usuaris de l'edifici, participin en la construcció. Per exemple el fet que els nens participessin en la construcció de la seva pròpia escola al Nepal i que usaran

l'escola, crea un **valor molt important**, ja que tindran **estima a l'edifici** i segurament se'n preocuparan i en tindran cura en el futur.

- L'auto-construcció permet la **integració social de les dones** i altres grups socials, com és el cas del projecte a Jordània. La construcció va afavorir el **desenvolupament social** del poble, i fins i tot les dones van poder participar en el projecte i en la construcció, creuant així una línia molt sensible en els països àrabs. També permet a nens o altres sectors que normalment tenen vedat l'accés a construccions i processos constructius, poden participar i aprendre de l'experiència.
- L'auto-construcció també **afavoreix la garantia de bona qualitat de la construcció**, ja que el propi usuari es preocupa per construir amb bones pràctiques i adequadament per a assegurar-se un bon habitatge. Això **no exigeix de contractar tècnics qualificats** per a construir.
- Dóna **resposta d'habitatge barata i ràpida**: s'han vist exemples de projectes humanitaris i alternatius que s'han pogut posar en marxa gràcies a que la construcció amb earthbag és ràpida i barata, i que no requereix de grans coneixements constructius.
- Els habitatges d'earthbag també poden fer la funció d'**habitatge d'emergència o refugis temporals**: com ho demostren els exemples a Haití i el projecte de Nader Khalili a Baninajar.
- En zones de tradició constructiva amb terra (tapia, blocs d'adob) l'earthbag i el superadobe poden ser tècniques que **permetin seguir amb la tradició** de construir amb terra, modernitzant els sistemes tradicionals e incorporant millores i comoditats als edificis de terra.

4. ANÀLISI DEL SISTEMA CONSTRUCTIU EARTHBAG

En aquest apartat, s'explicarà tot el relacionat amb el sistema constructiu earthbag i superadobe. S'abordaran des de l'àmbit constructiu els tres tipus de construccions possibles: les construccions cupulars, les rectangulars i les d'estructura mixta.

S'analitzarà detalladament el procés constructiu superadobe: els materials que es requereixen per a construir, les eines i elements auxiliars necessaris, així com altres aspectes previs a la construcció pròpiament dita.

Per últim, en aquest apartat s'examinarà de forma desglossada el mètode constructiu superadobe, pas a pas, per a aprofundir d'aquesta manera en el coneixement tècnic necessari per a assolir la construcció d'un edifici earthbag.

4.1 TIPUS DE CONSTRUCCIONS

4.1.1 Construccions Cupulars

Com ja s'ha vist en l'apartat anterior, un dels tipus d'edifici earthbag (de fet el més estès) és la construcció cupular. Es caracteritza per la seva forma circular, que es va estrenyent més i més a mesura que puja, formant una cúpula similar a la dels iglús.



Figura 139. Coronament d'una cúpula de superadobe

Aquest sistema constructiu es caracteritza per ser senzill de construir, ja que tota l'estructura es fa amb sacs de terra o amb sac continu, des de la base fins al cap

damunt de la cúpula. Normalment en els edificis cupulars el mur de superadobe fa alhora d'estructura, tancament i coberta, ja que no requereix de gaires més elements per a poder funcionar com a tal.

Com que el sistema constructiu és senzill no fa falta utilitzar materials comprats per a construir sostres, ni llogar personal especialitzat per a construir el sostre, ja que els propis sacs de terra donen la forma cupular que cobreix l'edifici.

Això estalvia molts diners i material, i és una forma ecològica d'estalviar en l'estructura de sostre de l'edifici. És precisament per aquesta fàcil construcció i l'estalvi dels recursos, que la construcció cupular ha esdevingut la més utilitzada de les tres formes de construir amb earthbag.

La forma de cúpula confereix a l'edifici una resistència molt alta, no tan sols degut a la resistència pròpia de la terra compactada, sinó en gran part pel factor forma que li proporciona la cúpula. Degudament construïda, una construcció cupular ve a ser com una tassa cap per avall.

És realment resistent. La raó de la resistència de les cúpules s'explica amb la figura en dues dimensions de l'arc. Hi ha molts tipus d'arc: els més coneguts són l'arc romànic i l'arc gòtic.



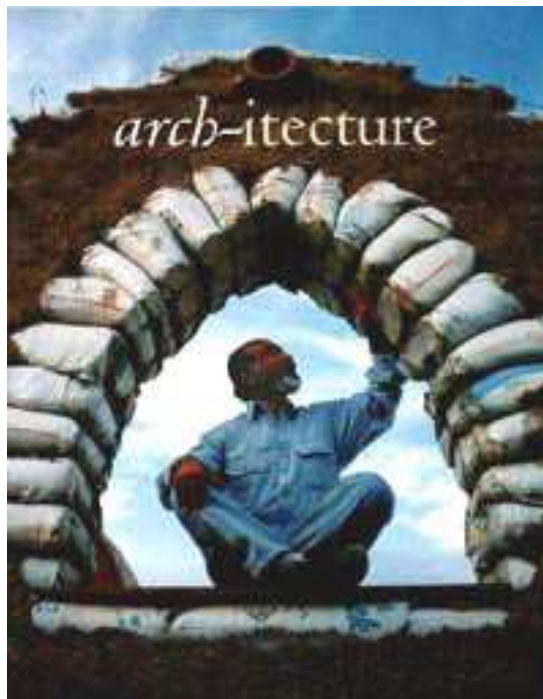
Figura 140. Els arcs i les cúpules resisteixen grans esforços.

Els arcs no treballen solament amb la seva resistència estructural, sinó que degut a la seva forma, permeten la transferència de càrregues des del centre fins als extrems, de forma que els esforços es reparteixen gràcies a la seva forma més aviat que a la seva resistència intrínseca.

En definitiva una cúpula és un arc portat a les tres dimensions. Si imaginem un eix de revolució que passa pel centre de l'arc i el fa girar, la figura tridimensional que n'esdevé és la cúpula. Es podria dir que és un arc dimensional; té una gran estabilitat i pot repartir les forces d'una manera molt senzilla a la base de l'edifici.

Val a dir que el sistema cupular és el proposat pel creador del mètode superadobe, Nader Khalili, qui va popularitzar a la vegada la construcció amb sacs de terra. Per aquest fet, la seva proposta és la més fàcilment adoptada, ja que és la que més ressò ha tingut, i és la que s'està ensenyant a construir mitjançant tallers de superadobe en diversos països.

Figura 141. Nader Khalili ha estat un gran defensor dels doms en l'edificació.



A més a més, la forma cupular influeix en un augment de la captació tèrmica de l'edifici, que mitjançant la inèrcia tèrmica de la terra, proporciona una temperatura adequada a les parets i a l'interior de l'habitatge durant gran part de l'any, depenent evidentment de la zona i del clima on es trobi.

4.1.2 Construccions Rectangulars

Les construccions de murs verticals o rectangulars, són aquelles que tenen l'estructura d'earthbag, però enlloc d'estar construïdes en forma de cúpula, els murs i l'estructura són totalment verticals i generalment els edificis són de forma rectangular o poligonal.

Són edificis que adopten una aparença més similar als que tots coneixem, i aquest factor estètic fa que algunes persones les prefereixin enlloc de cases en forma de cúpula.



Figura 142. Habitatge d'earthbag de murs verticals amb coberta de fusta.

El sistema constructiu és similar al de les construccions cupulars, tot i que en aquest cas el mur de superadobe només compleix la funció de mur estructural i tancament, ja que la coberta necessita una tipologia constructiva diferent.

Es tracta d'apilar filades de sacs o de sac continu, fins a formar murs verticals, sempre ben aplomats. La particularitat d'aquests murs és que han de tenir contraforts (ja siguin interns o externs) cada 4 o 5 metres, per assegurar l'estabilitat del conjunt estructural.

Els contraforts interns poden ser contraforts decoratius que es troben a l'interior de l'habitatge, o també murs divisoris de les estances que siguin prou gruixuts. En canvi els externs són simples contraforts que sobresurten per la part exterior de l'edifici.

*Figura 143.*

Contrafort intern.

Aquest sistema de construcció té l'inconvenient que necessita d'un sostre de caràcter diferent als sacs de terra. És a dir, en ser cobertes planes o inclinades, necessiten una estructura de bigues (normalment de fusta) i una coberta independent a l'estructura de sacs de terra.

*Figura 144.*

Contraforts externs.

Això fa que s'hagi de treballar amb elements com la fusta o les biguetes de formigó, materials estructurals que solen estar subjectes a normatives de control de resistències i que en general s'han de dur a terme contractant personal especialitzat en construcció de teulades o en estructures de fusta.

No obstant hi ha qui prefereix tenir una llar de tipus rectangular encara que la teulada suposi un esforç econòmic addicional.

Els edificis rectangulars també tenen un comportament tèrmic bastant bo, de forma que en molts casos poden esdevenir edificis amb sistema solar passiu. Orientant-les correctament es pot tenir un edifici que absorbeix calor a l'hivern i que es manté fresc a l'estiu.

A més, amb la instal·lació addicional de plaques solars, podem arribar a tenir aigua calenta suficient per a la vida quotidiana durant la major part de l'any. Aquest és un avantatge que els edificis amb sostre pla o inclinat tenen respecte els edificis cupulars.

4.1.3 Construccions Mixtes

L'últim tipus de construcció que es veurà és la construcció mixta. Aquesta consisteix en edificis amb estructura mixta, és a dir, d'earthbag o superadobe amb un altre tipus d'estructura (com ara de fusta o de formigó).

Les construccions mixtes poden aportar valors afegits a la nostra conclusió. Podem utilitzar els murs de superadobe únicament com a tancament, o combinar estructures d'altres tipologies amb els murs de superadobe.



Figura 145. Estructura mixta d'earthbag i formigó armat.

Per exemple es pot donar el cas de necessitar construir un edifici de dues plantes. Es pot construir una primera planta d'una estructura més densa (el superadobe) i la

planta superior d'estructura de fusta per exemple. Això ens permet tenir un edifici de dues plantes exclusivament amb el suport estructural dels sacs de terra.

També podem utilitzar l'earthbag únicament com a tancament, és a dir, per exemple, col·locat entre pòrtics de pilars o de blocs de formigó. Podem gaudir d'un edifici que tingui la resistència estructural del formigó armat però que incorpori tancaments amb una inèrcia tèrmica i la robustesa bones gràcies a un tancament realitzat amb sacs de terra.



Figura 146. Murs d'earthbag fent de tancament no estructural.

L'avantatge de construir amb estructures mixtes és que podem agafar els avantatges o propietats d'altres sistemes constructius i complementar-los amb els avantatges de l'earthbag. A més la multitud de possibilitats creix exponencialment amb aquest tipus de construcció, ja que podem combinar les estructures per a crear edificis de dues plantes, edificis de grans llums, o més resistents... etc.

En definitiva, pot ser una bona opció si estem pensant en un edifici que vagi una mica més enllà del que és la construcció earthbag en sí mateixa.

4.2 SISTEMES CONSTRUCTIUS

En aquest apartat es parla de les tècniques constructives possibles amb sacs de terra. En concret es centra amb la tècnica earthbag convencional, que es construeix amb sacs individuals i en la tècnica superadobe, que consisteix en construir amb un sac molt llarg (sac continu) que es va enrotllant de forma circular fins a formar una estructura cupular.



Figura 147.

Edifici
rectangular
d'earthbag.

Figura 148.

Edifici circular
de superadobe.



Els dos mètodes presenten algunes similituds: per exemple, els fonaments tant d'una tècnica com de l'altra són idèntics ja que en l'únic que varien les dues formes de construir és en la forma de col·locar el material, no en diferents materials o diferents formes de resistir els esforços. A més, amb qualsevol dels dos sistemes es pot assolir la mateixa forma en un edifici, ja sigui cupular o rectangular.

El tercer sistema constructiu que s'examina i que ja s'ha introduït en l'apartat 2.6, és l'hiperadobe. Tot i la semblança constructiva amb el superadobe, és una tècnica encara experimental, però tot i així es dedicarà un apartat a parlar d'ella i analitzar-la.



Figura 149. Edifici d'hiperadobe en construcció.

Val a dir que s'entrarà més detalladament en el procés constructiu en els apartats següents, ja que aquest apartat únicament vol deixar clara la diferència constructiva entre l'earthbag, el superadobe o l'hiperadobe.

Per últim, es farà una comparació objectiva dels tres mètodes que s'estudiaran, per determinar quins són els seus avantatges i inconvenients.

4.2.1 Mètode Earthbag

És el primer mètode que es va desenvolupar, i amb el qual Nader Khalili va investigar fins a crear el seu sistema superadobe. Els primers edificis construïts amb sacs de terra que es coneixen s'han dut a terme més o menys a inicis del 2000, com s'ha pogut veure a l'apartat 3.1.

La seva construcció comença amb els fonaments, que normalment i si l'edifici no és de gran tamany, poden ser una sabata superficial continua de formigó en massa o grava. Si l'edifici és considerablement gran, la sabata continua es pot armar per a conferir-li més resistència. La particularitat de la construcció earthbag rau en l'estructura.

Sigui una construcció cupular o de parets verticals, la tècnica convencional consisteix a anar aparellant els sacs de terra, de forma similar a un mur de maons. Gràcies a la seva amplada també permeten anar donant forma circular a la cúpula, estrenyent-se uns quants centímetres a cada filada.



Figura 150. Construcció d'una cúpula amb mètode earthbag.

El mètode més segur per a que l'aparell de sacs de terra sigui cohesiu i resistent és utilitzar filferro espinós entre filada i filada per a subjectar els sacs entre sí. D'alguna manera aquest filferro li dóna cohesió i augmenta una mica la capacitat de tracció dels murs. A partir d'aquí només es tracta de construir l'estructura, ja sigui una estructura cupular o una estructura de mur vertical.



Figura 151. Col·locació del filferro espinós.

En cas de construir una estructura mixta s'ha de crear una estructura superior que faci de teulada a l'edifici. La millor forma de fer-ho és creant un cercol perimetral de formigó (també es pot fer amb sacs omplerts amb formigó) per a crear una superfície plana i resistent que reparteixi els esforços del sostre al mur de forma equitativa.



Figura 152. Cercol perimetral sobre murs d'earthbag.

Un cop acabada l'estructura, es pot revestir directament sobre els sacs amb argila o argamasses de morter. No obstant una de les millors formes de revestir l'edifici és

utilitzant tela de galliner fixada a l'estructura, ja que d'aquesta forma s'assegura que el revestiment queda ben adherit.

4.2.2 Mètode Superadobe

El mètode superadobe és una evolució del sistema convencional, desenvolupada per Nader Khalili. Tot i que va començar a investigar abans de l'any 2000, va fundar l'institut Cal-Earth i que al 1995 va construir un camp de refugiats a Baninajar, no va ser fins a mitjans de 2004 que la tècnica superadobe va quedar definitivament conformada i patentada.

El superadobe pretén realitzar la mateixa tasca que l'earthbag, però d'una forma més eficient i ràpida. Els pesats sacs individuals (aproximadament 50kg cada un) que havien de ser omplerts a la base de l'edifici i transportats fins a dalt de tot de la cúpula que es construïa. El mètode superadobe volia accelerar i facilitar més aquest procés.

Es va idear un tipus de sac molt llarg, també anomenat sac continu, que pot mesurar molts metres. De fet es pot comprar bobina de sac quilomètrica, i es pot anar tallant les longituds desitjades segons la construcció que tinguem.

Els fonaments són similars al mètode convencional, però la manera de construir l'estructura és radicalment diferent. El sistema superadobe consisteix en anar omplint el sac directament sobre la posició on ha d'anar, creant així una espiral de sac continu que es va omplint amb cubells, i que elimina la necessitat de carregar sacs pesats a molta altura.



Figura 153. Omplint el sac continu de superadobe amb ensacador.

També té altres avantatges, com per exemple la millor cohesió de les filades i la possibilitat d'entrellaçar el filferro espinós de forma vertical a més a més de forma longitudinal.



Figura 154. Trava vertical de filferro espinós.

Un cop acabada l'estructura construïnt d'aquesta manera, tenim el mateix resultat que amb el sac convencional, però ha requerit molt menys esforç i s'ha construït amb una gran agilitat. L'institut Cal-Earth assegura que amb el sistema superadobe la velocitat de construcció amb sacs de terra es pot multiplicar per quinze⁶²!

Ja sigui una estructura cupular o rectangular, la forma d'acabar el sostre i de revestir i acabar l'edifici és la mateixa que en el cas de treball convencional.

4.2.3 Mètode Hiperadobe

Al 2011 es va donar a conèixer un nou mètode que podem dir que és prové del superadobe, i l'enfoca des d'una perspectiva diferent: l'hiperadobe.

L'hiperadobe neix de la mà de Fernando Pacheco, un enginyer brasiler, i pretén fer el mètode superadobe de Nader Khalili més ecològic. Això ho fa a través de substituir el sac continu per un sac de malla ampla, normalment de polietilè, com els de les bosses de fruita o verdures.

Construïnt amb aquest tipus de sac, la terra de les filades es barreja travant de forma natural una filada amb la següent. Aquest sac té una malla molt més ampla i per tant és un sistema objectivament més ecològic ja que incorpora menys plàstic.

⁶² www.calearth.org/about/about-cal-earth.html



Figura 155. Treballadors construint una estructura d'hiperadobe.

No obstant això, és un sistema que porta poc temps estudiant-se i que ofereix certs dubtes sobre el seu comportament estructural, pels següents motius:

- El mètode es basa en eliminar els sacs de polipropilè, per a que el procés sigui més ecològic. No obstant, el revestiment plàstic dels sacs de superadobe fa que la terra que contenen no es disgregui ni dissolgui a l'estar en contacte amb fortes pluges o inundacions. Per tant podem dir que l'hiperadobe no pot garantir la seguretat estructural enfront d'inundacions o fortes pluges per sí sol.
- El sac que proposa el mètode hiperadobe és de malla ampla. Això fa que quan es compacta, la terra s'escoli a través de la malla, cosa que no passa amb els sacs de polipropilè. Per tant podem admetre que l'hiperadobe té una pitjor cohesió i menor compactació que el superadobe.
- Un altre inconvenient és que l'argamassa que omple els sacs ha de tenir suficient consistència per no esvair-se entre les malles. Amb el superadobe podem omplir els sacs amb àrids de qualsevol tamany, incloent sorra fina. També s'hi pot introduir argamassa barrejada amb aigua sense perdre la dosificació projectada. Podem concloure que el mètode hiperadobe no admet replè d'àrid fi com ara sorra, i que tampoc admet barreges amb alt contingut d'aigua (com formigó o barreges d'argila) ja que la dosificació es perd a través de la malla.

Aquests motius són suficients per a concloure que l'hiperadobe és un mètode menys eficaç que el superadobe. Val a dir que desafortunadament es va escollir el nom d'*hiperadobe* per denotar una superioritat o millora enfront del *superadobe*, i aquest fet pot portar a gran confusió a gent inexperta en construcció i a escollir malament el mètode constructiu que utilitzaran.

4.2.4 Comparant els mètodes

Com s'ha pogut veure, el mètode convencional de construir amb sacs individuals és el primer que es va fer servir per a les construccions que abasten l'època entre 1990 i 2005, tot i que es segueixen construint estructures amb aquest mètode a l'actualitat.

Al 2005 Nader Khalili i els seus col·laboradors van enllestir i patentar el mètode superadobe, que agilitza la construcció amb sacs de terra i que augmenta la qualitat estructural dels edificis.

Analitzant objectivament els dos mètodes, s'ha d'admetre que la tècnica superadobe proporciona molts avantatges respecte de la construcció tradicional earthbag. Els sacs continus són fàcils d'obtenir en qualsevol país, i el mètode, a més de ser senzill i efectiu, està molt ben explicat i detallat a la xarxa, ja que consta d'una metodologia de construir pròpia.

A més Cal-Earth organitza cursos per a aprendre a construir amb superadobe arreu del món, incloent Espanya. Això ha fet que el mètode s'hagi estès moltíssim i hagi guanyat molt terreny al mètode convencional, ja que ningú l'ha estandarditzat ni donat a conèixer de forma constant.

Tot i així hi ha qui encara elegeix construir amb sac de terra convencional, sobretot a països en vies de desenvolupament. És possible que sigui degut a la impossibilitat d'obtenir sac continu, a la falta d'internet en alguns llocs o simplement pel desconeixement de que hi ha una tècnica millorada de construir amb sacs de terra.

Sigui com sigui, la construcció amb superadobe està guanyant popularitat i terreny enfront de la construcció earthbag convencional, ja que la majoria de construccions en l'actualitat es desenvolupen amb el mètode de Nader Khalili. És comprensible que aquest mètode tingui una acceptació major, ja que resulta més senzill de construir amb ell i millora les propietats resistents de l'edifici.

Com s'ha pogut comprovar, hi ha motius són suficients per a concloure que l'hiperadobe és un mètode menys eficaç que el superadobe. Veritablement és més ecològic, però els seus desavantatges estructurals són tant importants que el benefici ecològic no es veu compensat.

Si es vol crear un material més ecològic que el superadobe és possible que s'hagi de treballar durant més temps en l'hiperadobe o en el desenvolupament de materials alternatius, com sacs de teixit de fibra vegetal. Tot i així la funció impermeable dels sacs de polipropilè i el fet de que no absorbeixin la humitat sembla difícil d'igualar amb altres materials actuals.

4.3 MÈTODE CONSTRUCTIU

En aquest apartat es descriu el mètode constructiu amb superadobe. Es veurà quins són els diversos materials de construcció que es poden utilitzar, les eines o màquines que es necessiten així com alguns elements auxiliars per a treballar adequadament. També es consideraran algunes premisses a tenir en compte abans de construir un edifici de superadobe.

La consideració dels materials tindrà en compte un edifici cupular, i per tant construït únicament amb estructura de superadobe i sense forjats d'altres tipologies. Si es dóna el cas de que es vol projectar un edifici d'estructura mixta, s'ha de tenir en compte els elements que formaran aquesta estructura o forjat addicionals.

4.3.1 Materials de construcció

Tot i que hi ha diverses maneres de construir amb superadobe i també diferents formes de revestir i pavimentar un edifici, podem parlar en general, d'una sèrie de materials que s'han de tenir en compte de forma general per a construir amb aquest sistema.

En general, es pot parlar de dos tipus de materials segons la fase constructiva: els materials per a construir l'estructura de superadobe ja sigui fonamentació o murs, i els materials d'acabats, que inclouen els revestiments exteriors i interiors, els elements decoratius, els tancaments, els paviments, etc.

1. Materials per a construir l'estructura

- **Material per a replanteig:** per a marcar línies al terreny a l'hora de replantejar els fonaments, es pot utilitzar una mica de guix en pols o qualsevol element que sigui visible en contrast amb la terra. En cas de replantejar sobre formigó o superfícies planes es pot utilitzar cordill de traçar impregnat amb guix blau, que és el que es fa anar normalment a les obres.



Figura 156. Replanteig de la fonamentació amb guix.

- **Grava:** la grava és un àrid de tamany gran que s'utilitza com a material drenant per a evitar que l'aigua infiltrei a l'estructura. Seria adequat tenir-ne perquè amb tota seguretat s'utilitzaran als fonaments o a les primeres filades de sac.
- **Formigó:** la millor forma de construir la fonamentació és amb formigó en massa. Dóna més resistència al suport i proporciona una superfície plana des d'on iniciar les filades de superadobe. Es pot barrejar a obra o portar-lo amb formigonera.
- **Làmina asfàltica:** una opció alternativa a la grava és la de cobrir les primeres dues filades de làmina asfàltica. D'aquesta forma l'aigua no pot ascendir per l'estructura a través de les filades següents.
- **Material de replè:** el material de replè dels sacs pot ser divers. S'analitzaran les diverses opcions:

- Terra argilosa: es pot optar per un material de replè que consti únicament de terra. Aquesta terra ha de tenir aproximadament un 30% d'argila. Si la terra del nostre terreny té un baix contingut d'argila, podem barrejar-hi terra argilosa per a millorar el percentatge.
- Ciment: una altra opció és barrejar terra amb cert contingut de ciment, que pot oscil·lar entre el 5 i el 10 % del pes.
- Calç: un mètode més ecològic és utilitzar calç enlloc de ciment per a que la barreja de replè tingui més resistència. Aquest percentatge de calç estaria entre un 10 i un 15 %.
- Altres replens: podem omplir els sacs amb runa matxucada barrejada amb terra, amb terra fina obtinguda de graveres, o arenes de rebuig. En aquest cas s'haurà de disposar dels materials a l'obra en suficient quantitat.
- **Sac continu:** per a construir amb el sistema de superadobe es necessita tenir sac continu, que ve subministrat en bobines. Aquestes bobines es poden obtenir per internet de forma senzilla i s'ofereixen a moltes webs. Hi ha bobines de varies longituds (fins i tot de 2000 metres) i diversos diàmetres de sac, segons el gruix de mur que vulguem.



Figura 157. Bobina de sac continu per a superadobe.

- **Filferro espinós:** entre filada i filada de sac, es posen dues línies de filferro espinós per a donar estabilitat al conjunt i per a millorar la resistència a tracció

dels murs. El millor és afegir-ne també en sentit vertical, és a dir, fent ziga-zagues entre filades per a un millor travat. El filferro espinós també es subministra en bobines.



Figura 158. Bobina de filferro espinós convencional.

- **Biguetes d'acer:** si es volen construir llindes planes el més recomanable és introduir biguetes al sac mentre l'argamassa és fresca. Les biguetes s'introdueixen des de l'exterior del sac un cop està omplert i compactat, picant amb un martell. També es poden utilitzar per a reforçar certes parts de l'estructura.

2. Materials per a construir les instal·lacions

Les instal·lacions s'han d'haver previst abans de començar a construir, i s'ha de deixar un pas per a escomeses, arquetes, o altres elements soterrats. Els tubs i conductes de les instal·lacions es solen col·locar mitjançant regates als murs interiors, tot i que també es poden fer passar pel terra en algunes ocasions.

- **Instal·lació elèctrica:** aquesta és la instal·lació que ens proporciona electricitat a l'edifici. Els elements de la instal·lació poden ser: tubs flexibles, cablejat, caixetins, elements de control i seguretat, entre altres.

- **Instal·lació d'aigua corrent:** es tracta de la instal·lació que ens proporcionarà l'aigua corrent a l'habitatge. Els elements d'aquesta instal·lació són: tubs de coure, vàlvules, aixetes i tot allò relacionat amb el pas d'aigua corrent.
- **Instal·lació de desaigües:** és la instal·lació que ajuda a evacuar les aigües residuals cap a l'exterior de l'edifici, normalment al clavegueram. Consisteix en els tubs (normalment de PVC) que condueixen l'aigua residual. També pot tenir altres elements com arquetes o sifons.
- **Instal·lació tèrmica i climatització:** consisteix en la instal·lació que ens proporcionarà aigua calenta i una temperatura adequada a les estances. La instal·lació tèrmica consta principalment d'un element generador d'escalfor com ara una caldera i altres auxiliars com ara radiadors. No obstant també podem optar per instal·lacions amb plaques solars, o per terres radiants que no incorporen els elements anteriorment citats.

Evidentment és necessari tot el conjunt de canonades i vàlvules per a connectar els elements entre sí. La instal·lació de climatització pot constar d'aparells per a reduir la temperatura de l'habitatge, com ara aires condicionats, tot i que en aquest tipus d'edificis no solen ser necessaris degut a la gran inèrcia tèrmica dels murs.

- **Instal·lació de telecomunicacions:** és la instal·lació que ens permet gaudir de línia telefònica e internet a l'habitatge. La seva col·locació i components són similars als de la instal·lació elèctrica.

3. Materials per a construir els revestiments i acabats

- **Malla per a revestir:** abans de revestir el nostre dom, fa falta col·locar algun tipus de malla als murs per a evitar despreniments i esquerdes. Hi ha dos possibles materials que es poden utilitzar com a malla: la tela de galliner, que és una malla de filferro lleuger, i malles de plàstic. Les més indicades són les de plàstic ja que a llarg termini les de filferro es poden oxidar i donar problemes. Aquestes malles les podem utilitzar tant a l'exterior com a l'interior de l'edifici, ja que les formes de l'interior fan que sigui recomanable. La malla es ven en rotlles i és important que comptabilitzem quina superfície s'ha de cobrir.

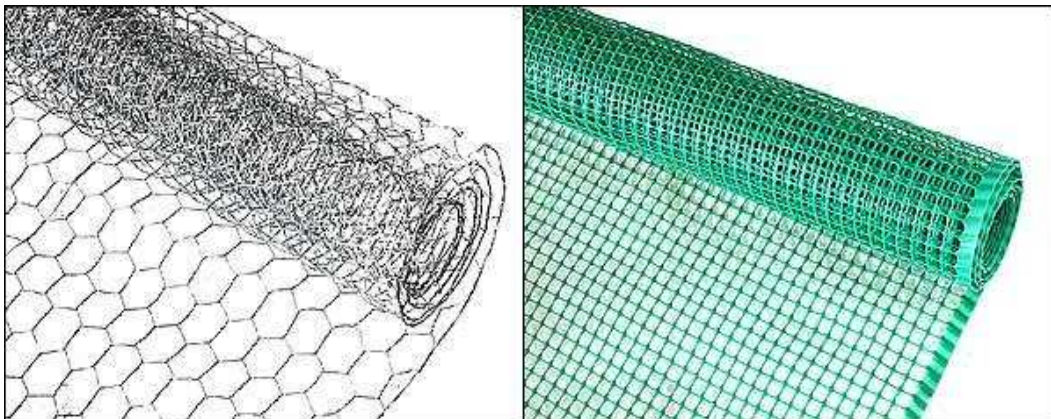


Figura 159. Malla de filferro (dreta) i malla plàstica (esquerra).

- **Revestiment exterior:** també es necessita el material per a crear el morter de revestiment que s'utilitzarà a l'exterior. Hi ha diverses possibilitats, com poden ser morter de ciment, morter de calç, o inclús algun revestiment amb argila. També podem elegir morters amb colorants per a donar un color al morter.



Figura 160. Revestit interior del mur d'earthbag.

- **Revestiment interior:** Hi ha diverses opcions per a revestir l'interior del dom: podem optar per a utilitzar també un morter de ciment o calç, tot i que és més normal utilitzar un revestiment de guix o d'argila enlluïda.
- **Acabat del terra:** els materials que tenim a l'abast per a l'acabat de terres són els mateixos que per a qualsevol altre tipus de construcció. Es pot optar per

rajoles ceràmiques o parquets a l'interior de l'habitatge, i per exemple enllosats de pedra o de morter per als terres exteriors.



Figura 161. Paviment interior d'un dom acabat amb parquet.

- **Pintures:** també pot ser necessari l'ús de pintures si els revestiments no tenen el color adequat. S'han de prioritzar les pintures que respecten el medi ambient i que siguin transpirables per a ajudar al bon comportament dels murs.
- **Material de rejuntar:** s'ha de preveure l'ús de morter de rejuntar si utilitzem rajoles ceràmiques o similars com a terra. També és possible rejuntar exteriors amb morter de calç o morter de ciment.



Figura 162. Exterior de llosetes de pedra rejuntades amb morter de calç.

- **Fusteries:** s'han de tenir totes les fusteries (portes, finestres, marcs) de l'edifici per a instal·lar-les.
- **Cuina i banys:** són necessaris tots els aparells sanitaris com el vàter, les piques del bany, la banyera o plat de dutxa, la pica de la cuina, i altres aparells sanitaris així com el taulell de cuina i altres mobles que són d'obligatorietat higiènica.



Figura 163. Instal·lació de sanitaris i embellidors al bany.

- **Embellidors i aixetes:** també s'han de tenir disponibles en aquest punt els embellidors dels endolls i panys de llum, les aixetes i la llauneria en general, així com altres elements d'acabat com per exemple el tovalloler.
- **Mobiliari:** si s'escau moblar l'habitatge, s'haurà de disposar dels mobles necessaris ja siguin de mida estàndard o fets a mida. També s'han de col·locar els prestatges si s'han previst durant la construcció.
- **Electrodomèstics i aparells:** si s'escau s'haurà d'equipar l'habitatge amb els electrodomèstics necessaris, com ara forn, rentadora, assecadora, i altres electrodomèstics addicionals. També s'hauran de col·locar els radiadors.
- **Jardineria i exteriors:** es possible que sigui necessari material addicional per a l'exterior de la construcció, com ara tancats, jardineres, peces decoratives, plantes o fins i tot arbustos o arbres.



Figura 164. Jardinera de superadobe.

4.3.2 Elements auxiliars

- **Encofrats:** es necessita aquest element auxiliar per a emmotllar portes i finestres, ja que el propi superadobe un cop sec farà de llinda, sense necessitat d'elements secundaris. Podem fer obertures amb la llinda arquejada o plana.

En tot cas fan falta els corresponents encofrats, que poden ser de fusta, o en cas de llindes arquejades, podem utilitzar bidons de plàstic o pneumàtics per a que el superadobe agafi la forma circular. El més comú és tenir-los preparats abans de començar el mur.

- **Bastides i cavallets:** tot i que en principi l'estructura de les cúpules es pot construir sense elements auxiliars, és recomanable que es treballi amb bastides a partir dels 2 metres d'altura, per evitar riscos de caiguda. A més ens seran necessàries també a l'hora de col·locar les malles per al revestiment i el propi revestiment.
- **Escales:** seria bo que també es tingui a l'obra almenys una escala de 3 o 4 metres, per a poder abastar altures en cas de que es requereixi de forma puntual o no s'hi arribi amb les bastides.

- **Elements de protecció individual:** és necessari tenir tots els elements de protecció individual, sobretot cascs, guants i calçat de seguretat. S'ha de tenir especial cura d'utilitzar-los durant la construcció en altura i durant la manipulació del filferro espinós. També és important l'ús d'ulleres de protecció durant els treballs amb calç, ja que és molt corrosiva.
- **Elements de protecció col·lectiva:** s'han de disposar els elements necessaris de protecció col·lectiva, com podrien ser rets de seguretat i altres elements.
- **Elements de tancat i senyalització:** abans de començar a construir s'ha de tancar el perímetre de l'obra amb les tanques adequades i senyalitzar l'obra amb les senyals que siguin necessàries, com a mínim les que informen dels riscos laborals i dels equips de protecció que s'han d'utilitzar.
- **Altres:** s'ha de tenir una farmaciola a l'obra en tot moment, així com qualsevol element alternatiu que s'hagi d'utilitzar depenent de l'obra, com per exemple una cabina WC o uns vestidors.

4.3.3 Eines i maquinària

1. Eines de mesurament i control

- **“Cadenes guia”:** les cadenes guia són uns elements de control propis de la construcció amb earthbag i superadobe. Serveixen per assegurar-nos de que les filades s'estan col·locant aplomades i que la curvatura que va prenent la cúpula és la correcta. Consisteixen en dues cadenes lleugeres, clavades a terra mitjançant una anella giratòria ancorada al terra.



Figura 165. Anella giratòria.

La cadena central o radial, serveix per comprovar que la forma circular del superadobe és la correcta, i que la circumferència en planta és la correcta. L'anella de la cadena central es col·loca al centre de la circumferència del dom i pot ubicar-se a diferents altures, segons on vulguem iniciar la curvatura de la cúpula.

Això es fa possible col·locant l'anella giratòria a la punta d'una estaca, normalment metàl·lica. La cadena ha de ser lleugera per a poder-la tensar i manipular amb facilitat, i ha de mesurar més o menys un radi i mig del dom en planta.

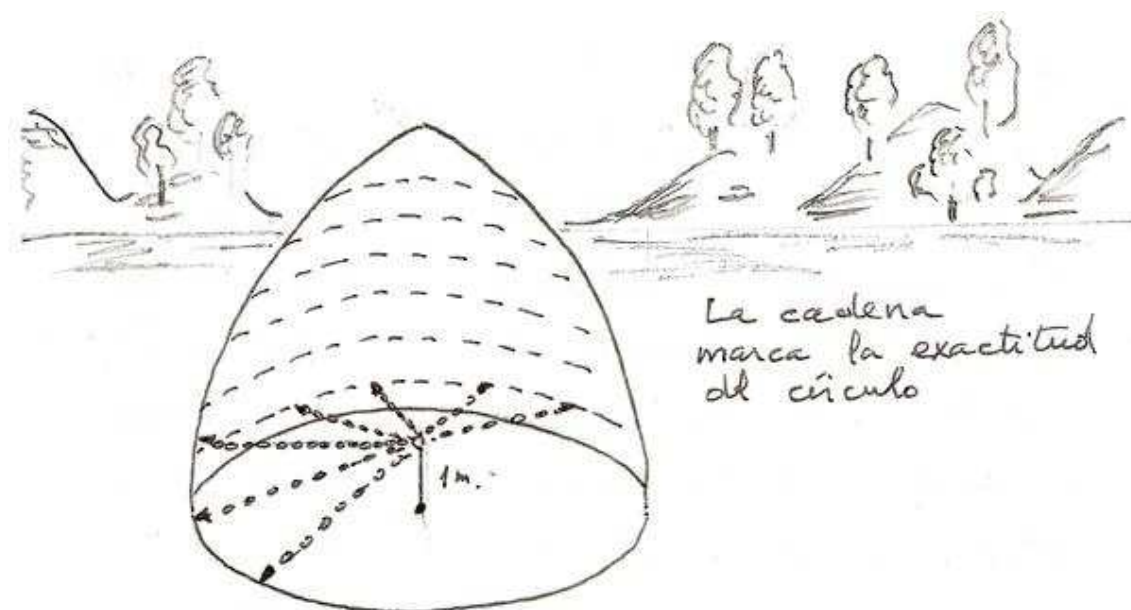


Figura 166. Esquema de la cadena central o radial.

La cadena perimetral o de cúpula, ens serveix per comprovar la curvatura que pren la cúpula. S'ubica a la cara exterior del dom, normalment a l'obertura de la porta, per a fer possible que la cadena entri al dom.

L'altura d'aquesta cadena és indiferent, però no ha de ser més de 30 cm. Aquesta cadena ha de mesurar més o menys un diàmetre + 1 metre per a no tenir problemes amb els mesuraments i comprovacions⁶³.

⁶³ www.ecodoms-superadobe.com/manual-de-construccion-ecodoms/

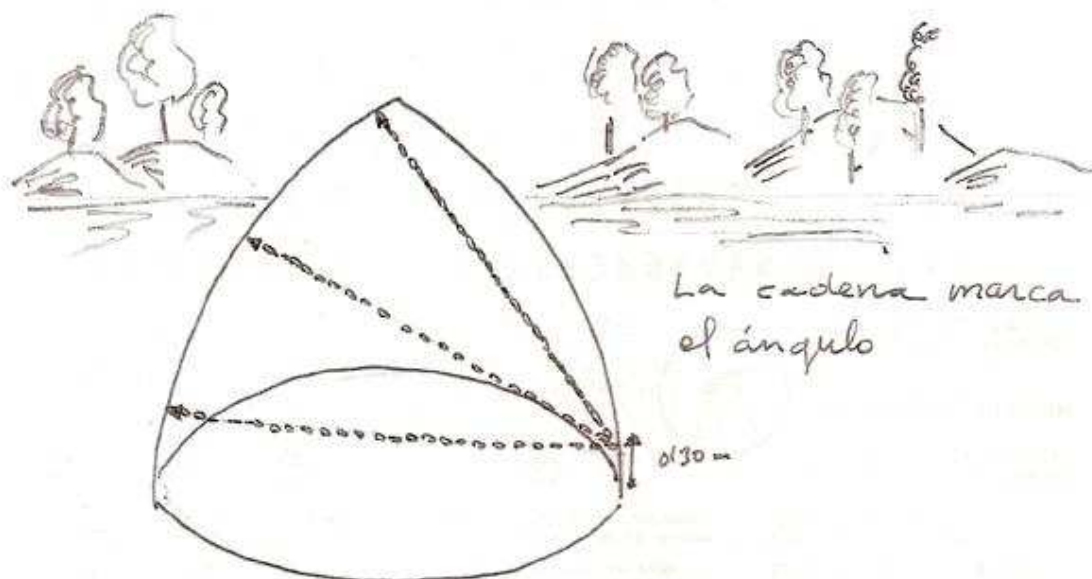


Figura 167. Esquema de la cadena perimetral o de cúpula.

- **Cinta enrotllable:** s'ha de disposar d'una cinta de mesurar (normalment enrotllable) d'almenys 25 metres. Serveix per prendre mides durant el replanteig del terreny i els fonaments, i a més pot ser útil a l'hora de mesurar les tires de sac necessàries per a cada filada.
- **Cinta mètrica:** també és necessari tenir una cinta mètrica convencional de 3 o 5 metres, per a mesurar distàncies més curtes d'una forma senzilla. Pot ser útil per a mesurar gruixos de mur, les mesures de les obertures, i altres coses.
- **Mesurador làser:** Pot ser interessant tenir un mesurador làser si és possible, per a mesurar de forma ràpida els diàmetres i altures del doms.
- **Nivell de bombolla:** és important tenir almenys un nivell, per a comprovar que les parts del mur que siguin verticals estan ben aplomades, i també per a comprovar el bon anivellament de les filades un cop compactades.
- **Brúixola:** sempre és interessant tenir una brúixola a mà. S'ha de pensar que els edificis es projecten pensant en la millor ubicació cardinal per a aprofitar al màxim la llum solar en les diferents estacions de l'any. Quan es construeixen edificis aïllats és important no perdre mai la orientació durant la construcció.

2. Eines per a la construcció de l'estructura

- **Pics, pales i aixades:** aquestes eines són necessàries per excavar la fonamentació superficial de l'edifici, sempre que es vulgui fer de forma manual. Els pics serveixen per escarificar i excavar fins a la profunditat requerida, mentre que les pales i les aixades serveixen per a treure la terra ja disgregada.

A més, les aixades també seran útils per a barrejar l'argamassa de terra, calç i aigua que s'utilitza de replè, així com qualsevol altra argamassa com podria ser morters de ciment o argamassa d'argila. Les pales poden seguir sent útils per omplir els carretons i els cubells que s'utilitzaran per a transportar la terra.



Figura 168. Excavació de la fonamentació amb pic.

- **Carretons:** és recomanable tenir-ne almenys dos. L'argamassa de replè es pot pastar amb facilitat dins d'un carretó i transportar-se fins al lloc de posada en obra. També permeten realitzar acopis i transports de terra crua o d'altres materials arenosos. Si l'amassat es fa amb formigonera, el carretó segueix sent un element indispensable per a transportar l'argamassa fins al lloc de posada en obra.



Figura 169. Barrejant l'argamassa al carretó.

- **Cubells:** es necessiten cubells petits (entre 15 i 25Kg de capacitat). Els millors són els cubells d'obra de goma, ja que la goma fa que siguin elàstics i són difícils de trencar. A més tenen una nansa útil per a transportar-los i agafar-los des d'una posició elevada. En definitiva són versàtils. Serviran per transportar la terra des dels carretons fins al punt d'ompliment del sac.
- **Ensacador:** l'ensacador és una eina alternativa per a omplir el sac continu amb comoditat. No és necessari per a construir, però és recomanable ja que fa el treball menys pesat. És un aparell en forma de rampa on es col·loca el sac, i això permet que la persona no hagi d'estar aguantant el sac cap dalt tota l'estona. Algunes persones els fan de fusta, en canvi hi ha qui els utilitza metàl·lics.



Figura 170. Construint filades amb un ensacador metàl·lic.

- **Tenalles o tisores de llauner:** és necessari disposar d'almenys unes tenalles o tisores de llauner, o ambdues eines. Són necessàries per a tallar els segments de filferro espinós que s'utilitzaran en les filades. Val més no intentar tallar el filferro amb eines que no siguin adequades, com ara tenalles de poc tamany o tisores normals, perquè podria ser perillós. A més a més s'ha d'anar desdoblegant el filferro (que normalment ve enrotllat) per a que no giri o es bellugui ja que podria fer ferides a algú.
- **Picó manual:** el picó és una eina de compactació, en aquest cas manual. En la nostra obra serveix per a compactar les filades de sac una per una mentre es van formant, per a comprimir bé la terra que hi ha dins als sacs, i donar el gruix adequat a la filada. En aquest cas els picons manuals es poden comprar, o també es poden fabricar de forma casolana. L'ideal és que el cap sigui d'algun element pesat (com ara metall o formigó) per a augmentar la força dels impactes.



Figura 171. Piconant una filada de superadobe.

- **Martell i claus:** per últim, és necessari tenir un o diversos martells i també claus. Normalment es fan servir peces de fusta per a crear un suport per a les instal·lacions o per a crear prestatges a l'interior de l'edifici. Moltes vegades també es fan anar fustes per a fixar ells premarcs a l'estructura. Aquestes fustes es claven amb claus al sac de superadobe, proporcionant així una gran adherència quan queden col·locats entre filades. Els claus han de ser d'entre 5 i 12 centímetres, depenent dels treballs que realitzem amb ells.



Figura 172. Exemple de premarc clavat al mur de superadobe.

3. Eines per a la construcció de les instal·lacions

És difícil definir quines eines seran necessàries per a la partida d'instal·lacions, ja que depèn en gran manera del tipus d'instal·lacions per les que optem a l'hora de construir l'edifici. A més, tot i que s'opti per l'auto-construcció, de forma convencional les instal·lacions són una tasca encomanada a professionals de la construcció que ja disposen de les seves pròpies eines, de manera que en aquest aspecte no és gaire necessari detallar el tipus d'eines que es necessitaran.

Es poden definir com a eines de caràcter pràcticament obligatori les següents:

- **Eines de la instal·lació elèctrica:** alicates, alicates d'electricista, tornavisos, voltímetre, etc. Serveixen per tallar cables elèctrics, estirar-los pel passa-tubs, cargolar unions...
- **Eines de la instal·lació de lampisteria i aigües en general:** trepant elèctric, desembossador, fregall d'alumini, corbadora, tornavisos, cinta tefló, talla-tubs, clau de lampista (o Stillson), claus angleses, claus fixes, serra manual, expansor de tubs, bufador de soldar, pistola per a siliconar i encolar, cinta mètrica, etc. Serveixen per a instal·lar radiadors, conductes de PVC o coure, donar-los-hi forma, unir-los entre si...

4. Eines per a la construcció dels revestiments i acabats

En l'apartat d'acabats i revestiments és difícil dir quines eines seran necessàries degut a la multitud de possibilitats i variants que podem elegir. No obstant s'intentaran catalogar algunes eines essencials, algunes de les quals també van lligades amb l'apartat d'instal·lacions:

- **Eines per als revestiments:** pastera o carretó, gaveta, paletes, martell i claus subjectors, lliscadora, mordaces, nivell de bombolla, regle d'alumini, etc. Serveixen per fixar la malla de revestiment als murs i per a barrejar i col·locar els morters o guixos de revestiment.
- **Eines per als terres:** pastera o carretó, gaveta, paletes, maceta de goma, lliscadora, nivell de bombolla, regle d'alumini, talladora de ceràmica, etc. Serveixen per a crear el morter dels terres i per a crear l'enrajolat o qualsevol altre tipus de terra que s'hagi de col·locar.
- **Eines per a les fusteries:** Tornavisos, trepant elèctric, martell i claus, cinta mètrica, etc. Serviran per a fixar les portes i finestres al seu lloc final.
- **Eines per a altres acabats:** pinzells, rodet per a pintar, lliscadora, tornavisos, clau anglesa, pistola d'encolar i siliconar, etc. Serviran per a pintar els enguixats o els arrebossats si és necessari, per a ultimar detalls, col·locar elements de cargols, segellar juntes...

4.3.2.4. Eines elèctriques i maquinària alternativa

Fins ara s'han enumerat de forma general les eines necessàries per a construir un edifici de superadobe amb mitjans manuals i poc mecanitzats. De fet la manera més habitual de construir en aquest tipus d'obres és amb eines manuals, degut al factor d'auto-construcció amb pocs mitjans, i a buscar l'abaratiment de costos.

Les eines més especialitzades i la maquinària de construcció solen estar en mans d'empreses dedicades al sector a les quals els surt a compte tenir-les, ja sigui en lloguer o comprades. En aquest apartat s'afegiran diverses eines elèctriques i maquinària alternativa amb la que també es pot realitzar un edifici de superadobe.

L'objectiu és donar una metodologia optativa i uns processos constructius més professionalitzats, per a demostrar que des del punt de vista d'una tipologia constructiva que no ha arribat al sector professional, el superadobe té molt potencial per arribar-hi. Amb maquinària professional els temps de construcció es rebaixen i la qualitat sol augmentar. A més els treballs es poden realitzar de manera menys cansada i més senzilla.

Tot seguit s'enumeren diverses eines elèctriques i maquinària que es pot utilitzar per a construir amb superadobe. Seguint la metodologia dels apartats anteriors, s'ordenarà segons estructura, instal·lacions, revestiments i acabats:

- **Retroexcavadora:** pot ser molt útil per a realitzar els fonaments de l'edifici, i també per acopiar munts de terra per a omplir els sacs. Si convé fer rebaixos del terreny o raspar el terra per a obtenir suficient material, ho pot fer amb la pala davantera.



Figura 173. Petita excavadora excavant els fonaments.

- **Formigonera:** pot ser molt útil alhora de fer la barreja de les argamasses, ja sigui del replè dels sacs o dels morters de revestiment. A més d'estalviar esforç i temps, les barreges a la formigonera són més homogènies que fetes a mà, i se'n pot fer més quantitat.



Figura 174. Formigonera barrejan adob.

- **Bolquet:** pot ser útil per a transportar terra, grava o fins i tot eines d'un punt a l'altre de l'obra, en obres de tamany mig o gran.



Figura 175. Bolquet d'obra amb accessori.

- **Gunitadora de morters i guix:** Serveix per projectar morters o guixos als murs i parets de la construcció, de forma que agilitza el procés dels revestiments.



Figura 176. Gunitadora per a la projecció de morters.

- **Polvoritzadora de pintura:** permet projectar pintura polvoritzada per pintar d'una forma més uniforme i ràpida.



Figura 177. Polvoritzadora de pintura a pressió.

- **Ensacadora/omplidora mecànica:** permet ensacar de forma ràpida els sacs, tot i que no és un aparell extrapolable al superadobe.



Figura 178. Màquina ensacadora.

- **Altres eines elèctriques:** serra elèctrica, trepant elèctric, tornavisos i clavadores elèctriques. Permeten treballar de forma més ràpida o fer un treball de millor qualitat.

4.4 PROCÉS CONSTRUCTIU

Ja s'han vist els diferents tipus de construccions que es poden dur a terme amb superadobe; s'han analitzat les diferents tècniques constructives amb sac de terra, i s'ha donat una ullada a les eines i màquines habituals que es requereixen per una obra de superadobe estàndard. Ha arribat el moment de recollir i analitzar les diferents parts del procés constructiu amb superadobe, i de proposar diferents solucions constructives per a aquest tipus de construccions.

4.4.1 Fases del procés

En aquest apartat s'enumeren i es descriuen breument les diverses fases d'una construcció de superadobe, que no difereixen en gran manera de les de qualsevol altra construcció:

En primer lloc tenim la fase de projecte, on s'ha de determinar la viabilitat de la construcció, detallar com es construirà, fer els amidaments, el pressupost, preveure tot el tema de seguretat, i en definitiva, elaborar documentació i plànols.

Quan es té el projecte aprovat i podem començar a construir, s'entra a les fases d'obra pròpiament dites: la fase de treballs previs, que consisteix a preparar l'obra adequar el terreny. Les fases de construcció estructural són la fase dels fonaments, la construcció dels murs o estructura vertical i la construcció de la coberta.

Un cop construïda l'estructura comencen les fases d'instal·lacions, en la qual es col·loca el gruix dels serveis com ara electricitat i aigua sanitària entre altres. La fase de tancaments, en la qual s'instal·len totes les portes, finestres i altres tancaments de la construcció.

Per últim s'enllestirien els revestiments i els pintats, els terres, i altres acabats, en el que serien les fases de revestiments, paviments, acabats i últims detalls.

En últim lloc existeix una fase de manteniment que s'haurà de dur a terme des del final d'obra fins al fi de la vida útil de la construcció, i que serà duta a terme pels usuaris de l'edifici.

4.4.2 Projecte

Els projectes consten de cinc parts, que són les següents⁶⁴: memòria, plànols, plec de condicions, amidaments i pressupost. Normalment també conté annexos on s'exposen càlculs, estudis o informació addicional.

- Memòria:

Consta de dues parts generals, la memòria explicativa i la memòria constructiva.

En la part explicativa es defineixen els agents de la construcció que intervenen, informació de l'emplaçament i de possibles condicionants de partida, es descriu el projecte en quant a dades generals de l'edifici, compliments amb les normatives, descripcions geomètriques, de volum, d'àrees útils i per últim una descripció justificativa dels paràmetres empleats en els càlculs estructurals i altres processos que requereixin de càlcul.

En la part constructiva es descriuen les solucions constructives adoptades en la fonamentació, l'estructura, el sistema envoltant, les compartimentacions, els acabats, les instal·lacions i l'equipament.

La memòria també consta d'un apartat de compliment de CTE on s'ha de justificar que l'edifici té totes les prestacions i requisits bàsics que demana la norma, com per exemple requisits de seguretat estructural, en cas d'incendi, estalvi d'energia, entre altres.

També s'ha de justificar el compliment de qualsevol altra normativa obligatòria en aplicació, o si es desitja, de normatives no obligatòries.

Per últim la memòria conté un apartat d'annexes on s'han d'incloure: informes geotècnics, càlculs d'estructura i d'instal·lacions, estudis d'eficiència i ambientals i plans de control de qualitat i de seguretat i salut.

⁶⁴ CTE Part I Annex I (Edició revisada del 30 de Juliol de 2010) Pàg. 15

- Plànols:

En aquest apartat s'inclouen tots els plànols necessaris per a definir el projecte en detall. Els més comuns són:

- Plànol de situació i emplaçament
- Plànols generals
- Plànols de cobertes
- Alçats i seccions
- Plànols d'estructura i d'instal·lacions
- Plànols de detalls constructius.

- Plec de condicions:

El plec de condicions és un document de caràcter exhaustiu on s'estableixen les clàusules o condicions del contracte entre les parts. En ell s'especifiquen per exemple, com s'han de fer certes tasques i amb què. També estableix alguns dels drets, obligacions i responsabilitats dels agents que contreuen el contracte.

Normalment consta del plec de clàusules administratives, de les disposicions facultatives i econòmiques, de les prescripcions sobre els materials, que determinen la qualitat mínima dels equips i materials que s'utilitzaran, les prescripcions en quant a l'execució d'unitats d'obra (toleràncies, criteris de qualitat i d'acceptació)

Per últim inclou les prescripcions sobre verificacions finals a l'edifici, on s'especifiquen quin tipus de comprovacions o proves s'han de realitzar per donar per acabada la construcció.

- Amidaments:

En aquest apartat es desenvolupen els amidaments, partida per partida, agrupats en capítols i especificant totes les descripcions tècniques per a que quedin ben especificades i es puguin valorar correctament.

- Pressupost:

Normalment aquest apartat conté una valoració aproximada de l'execució de la obra, per capítols. També incorpora un pressupost detallat, que incorpora un resum per capítols, amb valor d'execució i contracte, un pressupost de control de qualitat i el pressupost de l'Estudi de Seguretat i Salut.

4.4.3 Treballs previs

La fase de treballs previs és la primera fase d'execució com a tal, i engloba de forma general tots els treballs previs que s'han de dur a terme abans de col·locar la primera pedra.

Per exemple, inclou tot el condicionament del terreny (retirada de brossa o males herbes, anivellament del terreny si s'escau). Preparació d'instal·lacions provisionals d'electricitat o d'altres tipus, tancat perimetral de l'obra i senyalitzacions necessàries, col·locació de casetes de bany o d'oficina, condicionament de les vies d'accés a l'obra, i altres tasques prèvies a qualsevol construcció, que necessiten ser dutes a terme i estar preparades abans de començar a construir.



Figura 179. Realització dels treballs previs.

4.4.4 Fonamentacions

La construcció comença amb la construcció dels fonaments. El primer pas es replantejar en el terreny la superfície de fonamentació, normalment amb guix en pols o aerosol de color.



Figura 180. Replanteig dels fonaments amb guix.

Un cop replantejats, s'han d'excavar les rases. Aquesta tasca es pot fer de forma manual, amb l'ús d'eines com pics, pales i aixades ja que la profunditat no és molta. També es pot dur a terme amb retroexcavadora, la qual també pot servir per fer acopi de terres.

Les rases de les construccions de superadobe han de tenir una profunditat d'entre 30 i 50cm i un ample de 50-60cm depenent del diàmetre del dom i dels esforços que ha de transmetre al terreny.

És important recordar que en aquest punt s'han d'excavar les zones respectives on aniran les arquetes o altres instal·lacions soterrades.

Un cop la rasa està acabada, normalment s'omple de formigó en massa. En el cas de doms de poc tamany, es pot optar inclús per la col·locació d'un simple llit de grava d'una profunditat similar.



Figura 181. Excavació manual d'una rasa de fonamentació.

En les fonamentacions fetes amb formigó, si es desitja es poden deixar esperes d'acer que es poden clavar a les primeres filades de sac. Aquest procés és optatiu, però pot servir per a donar una major resistència a tracció a la base del mur.

En el cas de fer un ompliment amb graves, el més comú és col·locar primer un llit d'àrid de granulometria alta i seguidament àrid d'una mida menor progressivament.



Figura 182. Fonamentació amb llit de grava.

La fonamentació amb llit de grava es fa per a evitar que l'aigua pugi pel mur per capil·laritat, ja que no pot ascendir per la capa de grava. En cas de fer la nostra fonamentació de formigó, s'han de construir les dues primeres filades de superadobe amb replè de grava per a tallar l'efecte de capil·laritat.

Una altra opció és introduir una làmina impermeabilitzant a través de les primeres filades per impedir el pas de l'aigua. No obstant, les primeres filades hauran de ser de grava, ja que si les filades que queden per sota de la làmina fossin d'adob l'estructura podria sofrir moviments diferencials.



Figura 183. Làmina impermeabilitzant entre filades.

És recomanable que les filades de fonamentació siguin més amples que les filades de mur pròpiament dites. Això s'aconsegueix utilitzant un tipus de sac de més diàmetre, d'aquesta forma l'estructura queda més estabilitzada.

Un cop conclòs el procés de qualsevol de les formes descrites ja es pot seguir creant les filades que corresponen a l'estructura vertical. S'ha de tenir molt present el tipus d'instal·lacions previstos per a l'edifici, i deixar els passa-tubs necessaris en les primeres filades de superadobe de forma que després es puguin passar.



Figura 184. Passa-tubs en el mur estructural de superadobe.

4.4.5 Estructura vertical

Entenem com a estructura vertical qualsevol mur estructural o pilar, en definitiva estructures de caire vertical en lloc d'horitzontal. En el cas dels doms superadobe, la fonamentació, l'estructura vertical i la coberta formen un únic procés i formen part d'una estructura indivisible. No obstant per facilitar les explicacions d'aquest apartat s'ha decidit dividir-lo en tres fases per poder descriure-les més acuradament.

S'entén doncs com a estructura vertical, la part del dom més aplomada, és a dir, la part de mur que forma un angle de més de 45° amb el terreny. Això equivaldria a més o menys tres quartes parts de la construcció cupular.

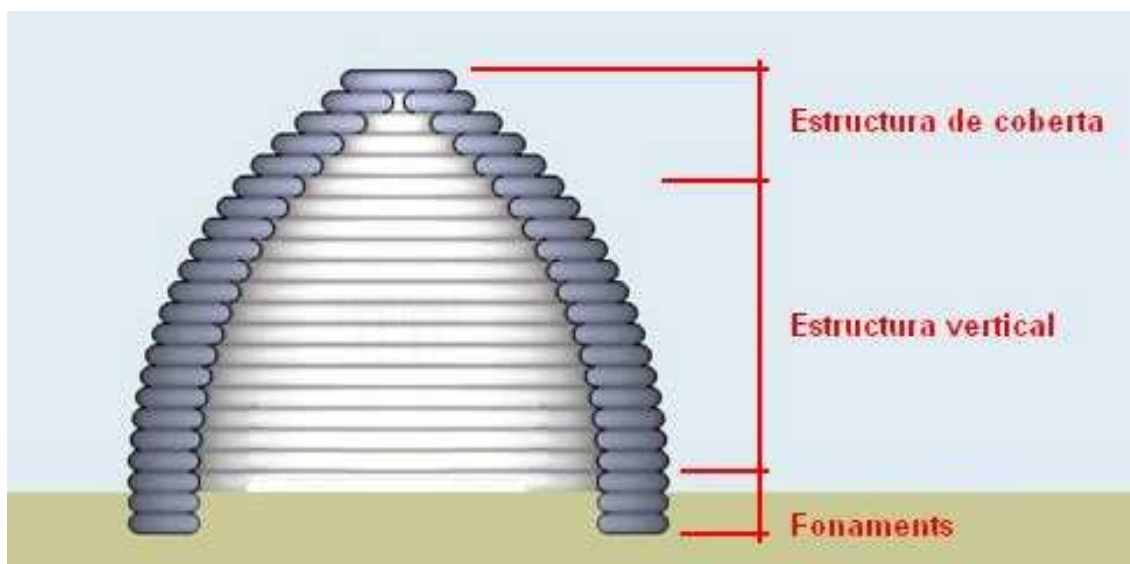


Figura 185. Esquema de l'estructura teòrica d'un dom.

L'estructura vertical es construeix amb filades de sac, que normalment oscil·len entre els 30 i els 50 cm d'ample després de compactades. Per a construir les filades és necessari tenir preparada la terra que s'utilitzarà, la qual ha de tenir entre un 20 i un 30% d'argila. També s'ha de tenir preparat el material estabilitzant, ja sigui calç o ciment, normalment en sacs.

La barreja de replè consisteix en la terra, l'estabilitzant i aigua. Normalment la barreja ha de tenir un 90% de terra i un 10% d'estabilitzador (normalment calç o ciment) per la qual cosa s'hauran d'afegir a la formigonera o la pastera nou palades de terra per cada palada de calç.

L'aigua s'ha d'anar afegint poc a poc, i la mescla s'ha de controlar rigorosament, ja que si ens excedim en la quantitat d'aigua la consistència de la barreja no serà la correcta. Inclús podria afectar a la reacció terra-calç.

Abans de calcular la dosificació correcta de la barreja primer s'ha d'estudiar la terra que tenim al terreny, o en cas de dur-la d'un lloc extern a l'obra s'ha d'assegurar el seu contingut. Tot seguit s'adjunta una taula dels diferents tipus de terra que podem trobar, de la seva proporció argila-sorra i de quins usos pot rebre.

	TIPUS A	TIPUS B	TIPUS C
ARGILA	20-30%	5-15%	40-50%
SORRA	70-80%	85-95%	50-60%
ÚS IDEAL	Mur estructural	Arrancada del mur	Revestiment

Figura 186. Taula esquemàtica sobre els tipus de terra i el seu ús.⁶⁵

Una comprovació senzilla es pot realitzar ficant certa quantitat de la terra a analitzar barrejada amb aigua en un pot de vidre. S'agita la mescla fortament i es deixa reposar per a que la terra se sedimenti de forma natural. L'aigua, l'argila i la sorra es disgreguen i queden ben diferenciades, la qual cosa permet calcular de forma aproximada els percentatges de cada element.



Figura 187. Comprovació simple del contingut d'argila de la terra.

⁶⁵ Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer(2004) "Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques", pàg.15

Un cop assegurat que la terra que s'utilitzarà per a l'estructura té un contingut d'entre 20 i 30% d'argila, s'ha de calcular la dosificació adequada de calç, terra i aigua.

Això es pot dur a terme pastant en un cubell diferents proporcions de terra, calç i aigua, fins a obtenir la barreja adequada. Sol estar al voltant de 5% de calç, 95% de terra i 5% d'aigua.

Una barreja adequada és aquella que permet formar una bola d'adob consistent però que es trenqui si es prem massa. Si no es disgrega en augmentar la pressió seria un indicatiu de que li sobra aigua, cosa no recomanable per a la barreja.



Figura 188. Comprovació simple de la dosificació de la barreja.

En cas de fer comprovacions de terra amb calç s'ha d'anar molta cura d'utilitzar guants de protecció a l'hora de manipular la barreja, ja que la calç és un producte corrosiu.

Evidentment tampoc no es poden fer comprovacions de la barreja mentre la formigonera està en marxa, i el més recomanable com s'ha dit és fer-les a petita escala abans de començar les amassades, per a calcular aproximadament la dosificació terra-calç-aigua més propícia.

Evidentment aquestes comprovacions de la barreja són extrapolables a la part de fonamentació (si es de terra) i a la part de coberta, així com a qualsevol element de superadobe sigui estructural o no.

La metodologia per a construir el mur de superadobe és bastant simple, consisteix normalment dels següents passos:

1. Ompliment de la filada

El primer pas és la col·locació de la filada com a tal, ensacant la terra fins a formar la primera filada (després dels fonaments, és clar). Aquest procés, com ja s'ha comentat al principi de l'apartat 4.4.5, es pot dur a terme amb una ensacadora per a fer-ho més còmodament.

En aquest procés es necessita al menys dues persones. Una que vagi creant la filada i al menys una altra que subministri cubells amb la barreja d'adob.

L'ensacat no és complicat, simplement s'ha d'anar comprovant que la quantitat de terra que ensaquem és la correcta, ja que si n'hi hagués massa, costaria molt de compactar, i si n'hi hagués massa poca el sac no quedaria correctament omplert.



Figura 189. Exemple de construcció amb ensacadora.

Es tracta d'anar deixant caure la terra per gravetat, controlant que el sac quedi ben farcit i no hi quedi cap espai sense terra.

També s'ha d'anar comprovant la plomada o curvatura del mur a mesura que va pujant. Si la part del mur es recta es pot fer amb una plomada normal, si ha d'anar agafant curvatura, amb el sistema de compassos explicat a l'apartat 4.3.3.1.

A les parts altes del mur (més de 2 metres) és possible que sigui més còmode ensacar sense cap ensacadora ja que tot i facilitar la feina també és més difícil de manipular.



Figura 190. Exemple de construcció sense

mitjans auxiliars.

Com podem veure a les imatges 189 i 190 utilitzar un ensacador és més pràctic que no fer-ho, ja que d'aquesta forma la persona que ensaca té les mans lliures per buidar els cubells ella mateixa i no necessita una altra persona, com en el cas contrari.

A més des del punt de vista de la seguretat i salut dels treballadors, utilitzar ensacadora no fomenta males postures ni esforços indeguts als treballadors.

A l'hora d'omplir la filada sobre les finestres o portes que tinguin forma d'arc, s'ha de fer procurant que la terra no es disgregui a la part de "baixada". S'ha de col·locar bé la filada de superadobe i compactar-la després per a que quedi ben feta.



Figura 191. Exemple de com acomodar bé la filada que fa de llinda.⁶⁶

2. Compactació de la filada

Aquest procés es pot dur a terme mentre es construeix la filada, uns metres enrere per a no molestar a la persona que està ensacant, o també un cop acabada la filada. Consisteix en compactar la filada per a que la massa quedi ben compacta, i a més també serveix per a aplanar les filades.



Figura 192. Compactació d'una filada de superadobe.

⁶⁶ Imatge extreta del vídeo formatiu de Cal-Earth: www.youtube.com/watch?v=bnWw_PrJB48

És un procés que s'ha de fer de forma manual amb un picó, ja que fent-ho amb un martell pneumàtic es sobrepassa el grau de compactació necessari, és menys manejable i sobretot, és molt perillós a certes altures. Per tant, l'única manera que es recomana és fer-ho de forma manual, ja sigui amb un picó casolà o comercial.

3. Comprovacions de curvatura i radi

Un cop compactada la filada s'ha de comprovar que el radi sigui correcte en tot el perímetre interior de la filada. Si la filada sobresurt una mica massa, es pot copejar amb el picó pel lateral, amb compte de no descompactar la terra.

Si part de la filada està desviada massa enfora o massa en dins, s'haurà de recol·lectar al lloc correcte i tornar a compactar. Aquest procés de comprovació es duu a terme per assegurar que no sobresurtin unes filades més que les altres, i que la geometria i curvatura de la cúpula són les adequades de forma que sigui estable. Les comprovacions es duen a terme com s'explica a l'apartat 4.3.3.1 d'eines de mesurament i control.

4. Col·locació del filferro espinós a la filada

El següent pas és estendre el filferro a sobre la filada. S'acostuma a situar dos cordons d filferro separats uns 10 cm entre ells de cap a cap de filada per a travar les filades entre sí. Per a fer-ho s'ha de tallar la quantitat de filferro adequada i desdoblegar-lo (es subministra enrotllat) sempre utilitzant guants protectors.

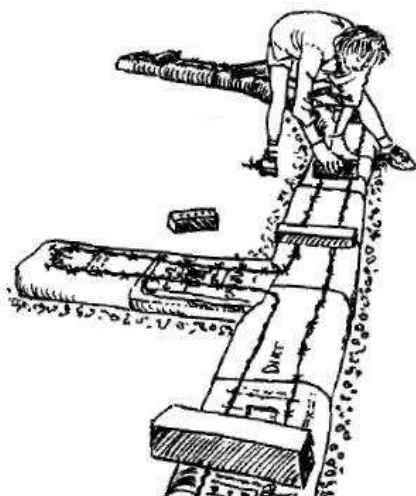


Figura 193. Esquema de filada amb doble línia de filferro espinós.⁶⁷

⁶⁷ Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer(2004) "Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques", Pàg. 83

Un cop posicionat el filferro espinós de cap a cap de la filada és molt recomanable col·locar-ne de forma vertical al voltant del perímetre.

Aquest mètode vertical només es pot utilitzar construint amb superadobe, no amb earthbag ja que la gran llargada de les filades de superadobe ajuda a crear un efecte de trava amb el filferro espinós.

El filferro es col·loca a la base de l'edifici i es va travant a mesura que les filades avancen, intercalant-lo cada cop que creix una filada.

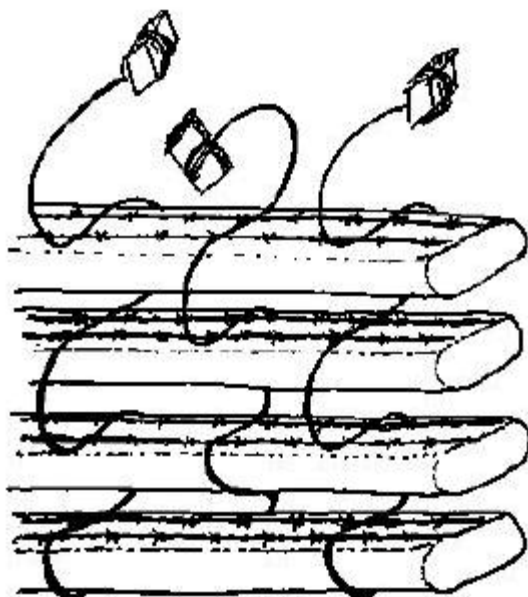


Figura 194. Esquema d'una tramesa vertical de filferro espinós.⁶⁸

Quan col·loquem el filferro a la filada de superadobe s'ha de procurar que les punxes quedin clavades per a que compleixi la seva funció unificadora.

Durant tot el procés de manipulació i col·locació del filferro és important tenir molt de compte i estar molt pendents del treball i de controlar que ningú s'acosti a la filada, ja que algú podria prendre mal.

També és obligatori manipular el filferro amb guants de protecció suficientment forts i utilitzar calçat de seguretat adequat per assegurar que ningú es fa mal caminant per sobre de les filades.

⁶⁸ Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer(2004) "Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques", pàg. 40

5. Repetir el procés anterior

Ja s'ha vist el procés de construcció dels murs de superadobe. Tot i que hi ha alguns detalls més com la trava entre filades, la unió entre diversos doms i altres aspectes menors que no es tracten amb detall, podem dir que en línies generals ja s'han vist tots els passos per a construir els murs estructurals.

Ara només es tracta de repetir-los tantes vegades com filades tingui l'edifici, vigilant amb especial interès les zones sobre encofrats de portes i finestres i evitant riscos a l'hora de fer els treballs, especialment la col·locació del filferro i els treballs en altura.

4.4.6 Estructura de coberta

En aquest apartat s'entén com estructura horitzontal la part del mur de superadobe que guarda un angle menor de 45° respecte el terra, tal com s'ha establert en l'esquema de la Figura 185.

Aquesta part de l'estructura, que es pot considerar una prolongació de l'estructura vertical, requereix d'un tracte diferent que la part més vertical. Val a dir però que la composició de la mescla i el procés constructiu són idèntics als de l'apartat 4.4.5.

La principal diferència entre la part vertical i la horitzontal és la diferència d'alçada dels treballs. En la finalització de la cúpula es treballa sota risc de caiguda de més de dos metres, i per tant s'han d'extremar les precaucions en aquest sentit, treballant des de bastides o garantint la seguretat de les persones amb altres mitjans.

Val a dir que els treballs també es dificulten. No és el mateix dur els cubells amb la mescla a la base de l'edifici que a dos metres o més d'altura.

Per això es requereix l'ús de sistemes alternatius per hissar els cubells, com ara sogues o corrioles d'algun tipus. La millor opció és treballant tres persones: un primer individu duu els cubells fins al punt d'hissat, un segon el puja fins al punt d'ensacat i l'aboca al sac i un tercer s'encarrega d'anar acomodant la filada de superadobe.



Figura 195. Corriola per hissar cubells o eines en treballs d'altura.

El procés de compactació és similar ja que no depèn de l'altura. En canvi el procés de control de la curvatura es complica una mica ja que hi ha d'haver una persona a la base de la cúpula que doni les cadenes de mesurar a una altra persona situada a dalt.

Una opció alternativa és mantenir les cadenes en alçada, lligant-les o clavant-les a la última filada, de forma que no faci falta despenjar-les.

En principi un cop rematada la part superior de la cúpula ja es poden donar per finalitzats els treballs estructurals de l'edifici i es pot prosseguir amb les següents fases.

4.4.7 Instal·lacions

Un cop l'estructura en forma de cúpula està llesta és el moment de preparar el guix de la part d'instal·lacions. Algunes ja s'han hagut de preparar abans de l'estructura, com les arquetes de desguàs o les escomeses. Ara li toca el torn a les instal·lacions i canonades que han de passar per l'interior de l'habitatge.

Aquestes instal·lacions normalment són les d'aigua sanitària, desguassos menors, instal·lació elèctrica... variant una mica en funció del tipus d'edifici i les fonts d'energia que utilitzi.

És bo recordar que s'han de preveure tots aquells passos entre l'exterior i l'interior de l'edifici, com ara xemeneies, passos d'escomeses, ja que s'han de col·locar els passa-tubs durant la construcció dels murs i en aquest punt ja han d'estar preparats. Per tant aquesta fase es centrarà en la instal·lació menor a l'interior dels murs.

Hi ha dues formes bàsiques de dur a terme aquest procés: a través de regates o fixades de forma mecànica.

- *Amb regates*: és important aclarir que si es preveu utilitzar aquest sistema s'ha de tenir en compte en les previsions estructurals i s'ha de sobredimensionar el gruix dels murs estructurals. El mètode consisteix en obrir solcs (regates) per allà on han de passar els tubs. Això es fa trencant el sac i retirant material de replè de manera que quedi un solc per on passar els tubs. S'ha de tenir en compte que no és un mètode tan eficaç i ràpid com en el cas de murs de partició.



Figura 196. Regates fetes a la primera capa de morter.

- *Amb fixacions*: és la manera més recomanable, ja que fer regates als sacs de superadobe és bastant laboriós. El mètode de fixació consisteix en o clavar agafadors al mur de superadobe, on s'ancoraran els tubs.



Figura 197. Diferents tipus d'ancoratges possibles.

El circuit d'instal·lacions idoni és aquell on es col·loca el màxim possible d'instal·lació en sentit paral·lel a les filades, ja que és molt més senzill que fer-ho en el sentit perpendicular, degut a que es pot aprofitar el solc creat entre dues filades. D'aquesta forma la instal·lació no sobresortirà del revestiment.

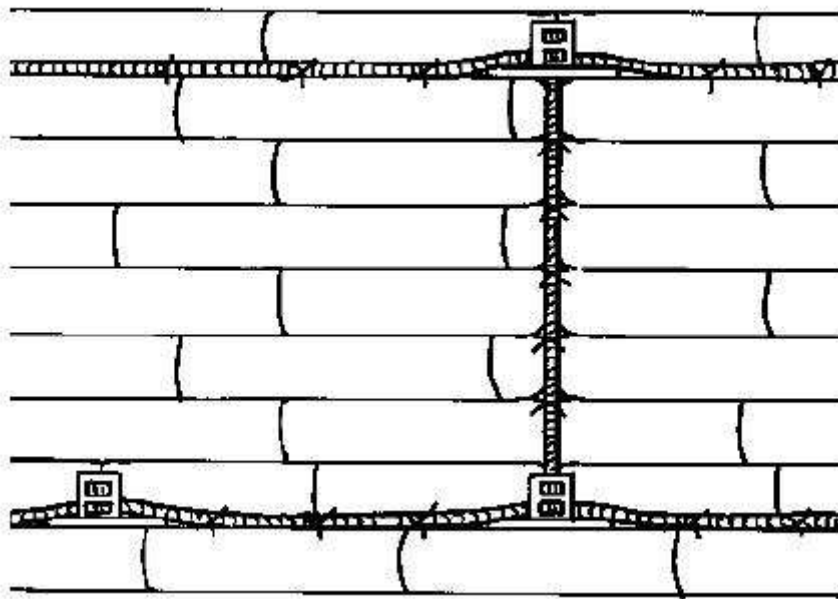


Figura 198. Esquema d'un possible pas d'instal·lacions.⁶⁹

Hi ha dues formes estandarditzades de fixar els agafadors al mur: clavant-los directament al sac de superadobe o col·locant petites platines de fusta entre filades,

⁶⁹ Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer(2004) "Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques", pàg. 98

per a propiciar una superfície homogènia o clavar els ancoratges. Els dos mètodes són igual de vàlids, però en cas de clavar els agafadors directament al sac ens hem d'assegurar de la seva resistència i verificar que el suport és bo. Per a millorar la resistència es poden usar resines o morters que ajudin a fixar l'element d'ancoratge.



Figura 199. Instal·lació fixada directament sobre els sacs.

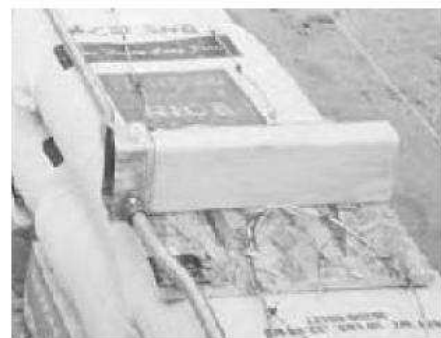
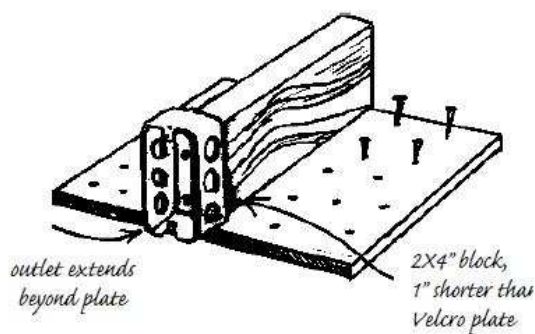


Figura 200. Esquema i exemple de platina de fusta.⁷⁰ (llibre pg98)

⁷⁰ Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer(2004) "Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques", pàg. 98

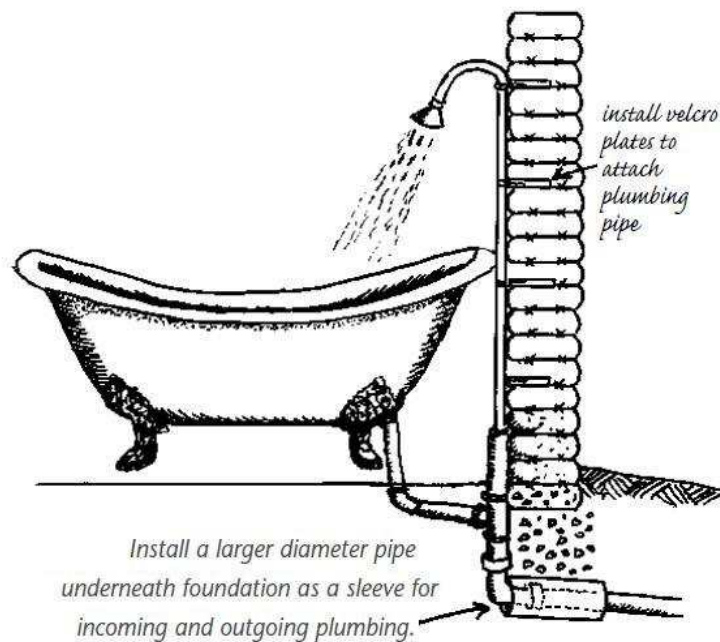


Figura 201. Esquema d'instal·lacions ancorades amb platina.⁷¹

Hi han altres maneres de col·locar les instal·lacions, si el que es vol es estalviar el procés de fixació als murs o si els tubs són molt gruixuts (desaigües o gas). Es pot treballar amb falsos terres o amb falsos murs (en edificis rectangulars) que permeten amagar les instal·lacions de forma que no quedin vistes i evitant solucions més pesades.



Figura 202. Fals terra de la cuina d'un dom.

⁷¹ Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer(2004) "Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques", pàg. 99

En general, amb les tècniques descrites en aquest apartat es poden col·locar totes les instal·lacions necessàries a l'edifici. Cal haver planejat molt bé on ubicar les platines i per on passaran les instal·lacions, ja que s'han de posar durant la construcció del mur i no després.

Per últim, si no es vol invertir massa temps en aquest procés algunes de les instal·lacions es poden deixar vistes i ancorades al mur de revestiment. D'aquesta forma s'evita planificar alguns aspectes de la instal·lació i a més els conductes o cables es podran revisar amb facilitat.

4.4.8 Fusteries

La següent fase sol ser la de les fusteries, tot i que segons el tipus de projecte es podrien realitzar els paviments o els revestiments abans de col·locar portes i finestres. En aquest cas s'ha optat per ubicar primer la instal·lació de les fusteries.

Tenim dos formes bàsiques de col·locar els premarcs per als tancaments, de forma molt similar a la de les instal·lacions. Una és clavant els premarcs directament al sac i l'altra clavant-los a platines de fusta situades entre les filades de superadobe.

- *Directament al mur:* En el cas de que es desitgi col·locar el premarc directament sobre el mur, s'ha de parlar especial atenció en que els claus siguin especialment llargs (de 8 a 12cm) per a garantir una bona penetració en el sac. Per a evitar que els claus es dobleguin degut a la seva longitud, el més recomanable es trepanar els forats al premarc prèviament, d'aquesta forma l'esforç del clau és menor i clavar-lo és més senzill.



Figura 203. Premarc metàl·lic ancorat directament al mur.

- *Amb platina:* l'altra opció és utilitzar platines de fusta com en el cas de les instal·lacions, per garantir una bona fixació del premarc. En aquest cas, es col·loquen platines als acabaments de la filada on es vol situar l'obertura, ja sigui porta o finestra. Un cop acabat el mur ja es pot fixar el premarc als ancoratges.



Figura 204. Platines de fusta per als premarcs.

Una opció alternativa com en el cas de les instal·lacions, és realitzar la instal·lació dels marcs i les fusteries directament sobre el revestiment del mur. És una opció senzilla tècnicament però el marc no té tanta resistència com un d'ancorat al mur abans de revestir.



Figura 205. Marcs instal·lats sobre el revestiment.

4.4.9 Aïllaments e impermeabilitzants

És possible que s'hagin d'incorporar aïllaments o impermeabilitzacions a l'edifici, la qual cosa dependrà principalment de la zona i el clima on ens trobem situats, i també de les possibilitats normatives del país.

La capa d'aïllament pot ubicar-se a l'exterior del mur de superadobe o a l'interior, i serveix per a preservar la temperatura interior de l'habitatge durant qualsevol moment de l'any.

Hi han aïllants versàtils com els que es subministren tipus feltre o projectats que s'adapten a la forma del parament, molt útils si l'edifici té forma de cúpula. Per a superfícies planes també tenim la possibilitat d'incorporar aïllants en planxa, que són fàcils de col·locar i aïllen igual de bé que els anteriors.

Si l'edifici té cobertes planes o de poca pendent, o si el material de revestiment és permeable, convé utilitzar làmines impermeabilitzants o altres sistemes per a impedir que l'aigua entri a la construcció.

Normalment en els edificis tipus cúpula les impermeabilitzacions no són necessàries ja que la pendent de la cúpula és suficientment gran i desaigua ràpidament. A més si la capa de revestiment que apliquem és poc permeable, encara millorarem la resistència al pas de l'aigua.

4.4.10 Revestiments i pintures

La fase de revestiments consisteix en la col·locació dels revestiments interior i exterior de l'edifici. Degut a la forma de cúpula de l'edifici, l'única manera en que es poden fer els revestiments és a mà, tot i que ens podem valer de màquines de projectar guix o morter per a accelerar i facilitar els treballs.

Es pot dir que de forma general el revestiment s'ha de col·locar en tres passos.

- *Pas 1:* Reomplir tots els forats o espais buits del mur amb la pròpia argamassa de replè, per a homogeneïtzar les superfícies i cobrir les regates en cas que n'hi hagi.

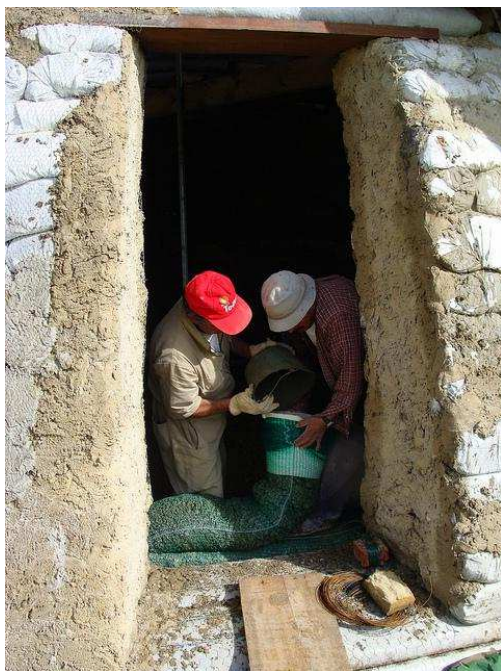


Figura 206. Superfícies homogeneïtzades amb adob.

- *Pas 2:* El següent pas és aplicar una primera capa de morter o guix, la qual serà aplicada a bona vista. Es pot fer amb qualsevol material, ja sigui adob, morter o guix, tant a l'interior com a l'exterior. És una primera capa que no necessita estar molt acurada, simplement ha de respectar el gruix del morter a nivell visual.

Aquest primer revestiment es pot aplicar amb un projector de morters per a més comoditat i velocitat si es desitja.



Figura 207. Aplicació de la primera capa de revestiment.

- *Pas 3:* L'últim pas del revestiment és l'enlluït. Aquest revestiment es fa amb un morter molt diluït, per a deixar un acabat ben llis. Com en el pas anterior, es pot fer tant amb adob com amb morter o guix. L'únic secret és que tingui una bona quantitat d'aigua per a que ompli tots els porus del primer revestiment i per a que quedi un acabat ben fi. En el cas d'adob el millor és utilitzar una terra molt argilosa.



Figura 208. Exterior de l'edifici un cop aplicat l'enlluït.

Un cop concloes aquestes tres etapes constructives es podria donar per finalitzada la fase de revestiments. No obstant això si el revestiment no porta cap pigment encara s'ha de pintar. El tipus de pintura que s'utilitzarà dependrà de l'estil del projecte i també és possible que la climatologia de la zona influeixi en l'elecció.

El més recomanable és pintar els exteriors amb pintures naturals que no obstaculitzin la transpiració del mur de superadobe. No obstant en climes molt humits, una altra opció és pintar els exteriors amb una pintura plàstica.

L'aplicació de la pintura no te cap secret. El més efectiu és utilitzar rodets extensibles per a arribar a una major superfície, tot i que també es poden utilitzar projectors de pintura a pressió per un acabat uniforme i una aplicació més ràpida.

Tant els interiors com els exteriors es poden pintar de la mateixa forma. La quantitat de capes o *mans* de pintura dependrà del diluïda que aquesta sigui i de la quantitat de pintura que es projecti a cada passada.



Figura 209. Exterior de l'edifici un cop aplicada la capa de pintura.

4.4.11 Paviments i acabats

Aquesta fase és intercalable amb la fase anterior, la de revestiments i acabats. Per exemple segons el que s'hagi decidit al projecte, pot ser que alguns paviments es facin abans dels revestiments o del pintat dels murs, o que la pavimentació comenci mentre es duen a terme els revestiments. No obstant, això no influeix en l'aspecte tècnic de la fase així que no té més rellevància.

La fase de paviments és la fase en la que es creen tots els terres de l'edifici i l'exterior. Hi han diversos tipus de terres possibles que es poden dur a terme en un edifici de superadobe circular.

- *Paviments exteriors:* normalment es creen sobre el propi terreny o sobre un parament de formigó. Alguns tipus poden ser enllosats de pedra natural, de llambordins o enrajolats d'exterior. Tots aquests tipus són aplicables a les construccions de superadobe ja que l'exterior és igual a qualsevol altre tipus d'habitatge.



Figura 210. Paviment exterior de pedra rejuntada amb morter de calç.



Figura 211. Paviment exterior de llambordins sobre llit de sorra.

- *Paviments interiors*: els paviments interiors solen estar formats per una capa de grava que eviti la humitat per capil·laritat. Tot seguit es pot optar per cobrir-la amb adob o amb una capa de formigó per a crear una superfície plana i preparar el paviment que hi anirà a sobre (enlluït, gres, parquet, etc.)



Figura 212. Capa de grava per evitar la capil·laritat.

Hi ha moltes varietats de pavimentació interior, de les quals es mostrarà quatre tipus principals en aquest apartat per a mostrar la gran versatilitat dels edificis de superadobe també en aquest aspecte.

En primer lloc podem trobar acabats d'enlluït d'argila. Aquest acabat es tracta de rematar el paviment amb una capa molt fina d'argila, que es pot acabar amb un envernissat de forma que dóna una brillantor de llustre.

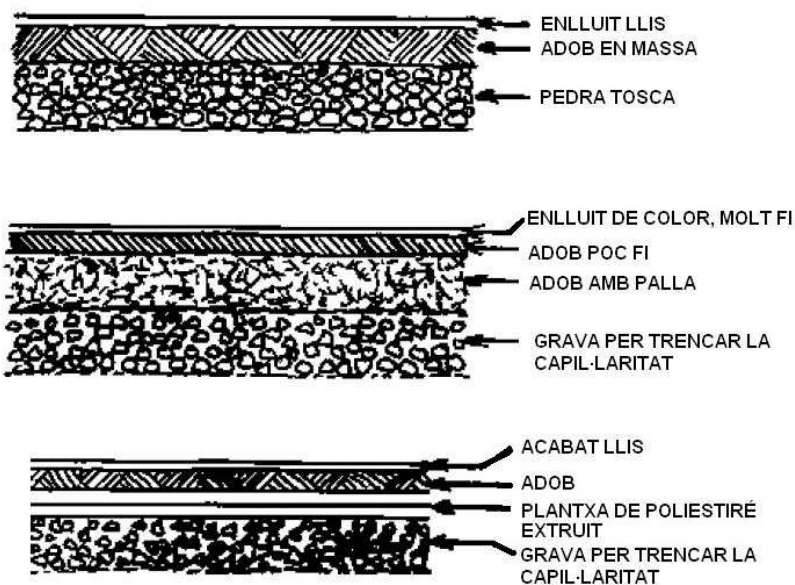


Figura 213. Detall constructiu de tres tipus de terres d'argila enlluïda.⁷²

⁷² Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer(2004) "Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques", pàg. 198



Figura 214. Enlluït d'argila natural pintat de color groc.

També podem optar per paviments tipus petri. Les rajoles en general requereixen més treball donada la forma circular de l'edifici. En canvi s'adapten molt fàcilment a edificis rectangulars. Tot i això és una solució que també es pot dur als doms circulars:



Figura 215. Paviment interior de rajoles de gres.

També es pot optar per paviments de formigó o pedra per a crear un paviment interior:



Figura 216. Paviment interior de lloses de formigó.

Per últim també podem optar pel clàssic terra de parquet, que es pot col·locar sense cap problema en un terra circular.

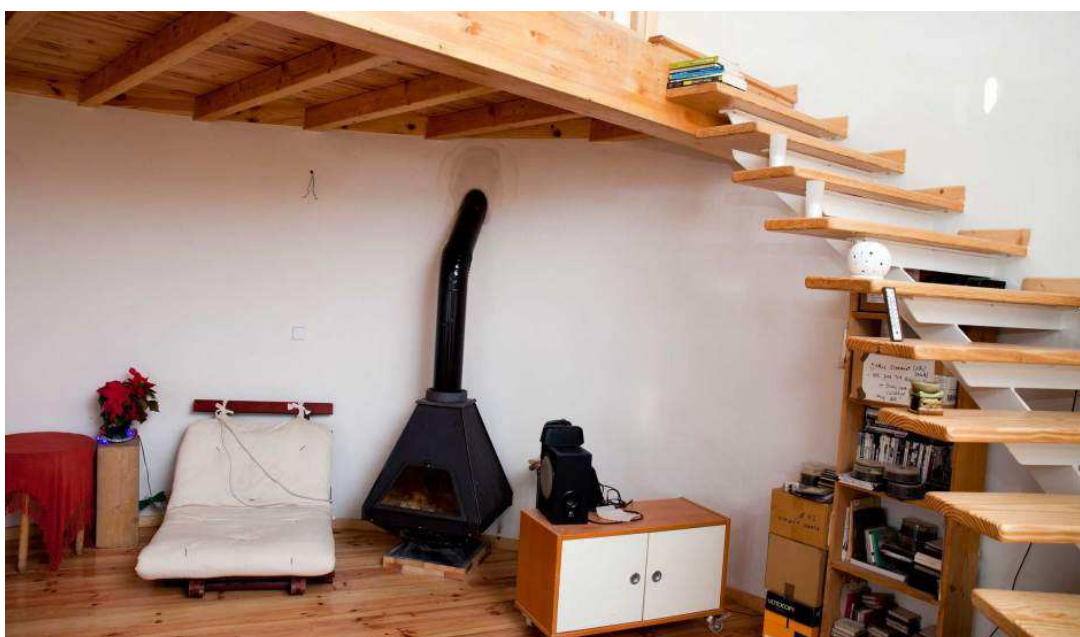


Figura 217. Paviment interior de parquet.

4.4.12 Últims detalls

Un cop arribats a aquesta fase ja tenim el gruix de la obra pràcticament enllestit: s'ha construït tota l'estructura, els revestiments, els terres... ara només fa falta donar-li els últims retocs i col·locar els últims detalls.

Algunes de les feines que es podrien incloure en aquest apartat serien la col·locació de sòcols, llindes, polsadors i endolls, les aixetes i altres elements finals de la instal·lació d'aigua sanitària i en definitiva qualsevol tasca que per les seves característiques s'hagi de deixar pel final.

Aquesta fase també podria incloure la col·locació del mobiliari, prestatges i els elements de jardineria en cas que n'hi hagi.

Figura 218. El mobiliari forma part dels treballs finals.



Figura 219.
Elements exteriors
decoratius de
jardineria.





Figura 220. Col·locació del lluernari a sobre de la cúpula.

4.4.13 Manteniment

El manteniment de l'habitatge no és una fase del procés constructiu. Comença un cop finalitzada la construcció, degut al desgast que la climatologia i el pas del temps produeixen en l'edifici.

Per això aquesta fase s'ha de dur a terme de forma periòdica durant tot el transcurs de la vida útil de la construcció. El manteniment pot incloure diverses activitats segons el tipus d'edifici i les seves característiques pròpies. No obstant es poden classificar en diverses tasques:

- Manteniment estructural:

S'ha de revisar l'estructura de forma periòdica per tal de determinar si l'edifici necessita reparacions o rehabilitacions en l'aspecte estructural.

Alguns d'aquests manteniments poden ser:

- Revisió estructural tant fora de l'edifici com dins.
- Reparació dels problemes estructurals en cas de que n'hi hagi.

- Manteniment per a l'habitabilitat:

També és necessària una revisió periòdica en tots els elements relacionats amb l'habitabilitat de l'edifici. Alguns dels manteniments poden ser:

- Revisió de les instal·lacions de l'habitatge per a assegurar el seu correcte funcionament.
- Revisió dels terres i els revestiments interiors i exteriors per a assegurar el seu correcte estat.
- Reparar en cas que es detecti, qualsevol incidència que afecti a l'habitabilitat.

5. CONSTRUCCIÓ TEÒRICA D'UN HABITATGE DE SUPERADOBE

5.1 Condicionants de la construcció

Per a experimentar una mica més en l'àmbit de la construcció amb superadobe s'ha dissenyat aquest projecte teòric que consisteix en la construcció d'un habitatge amb el sistema superadobe. El projecte pretén recrear amb precisió la construcció d'un habitatge d'aquestes característiques, i presentar-la tal i com seria un cop moblada.

Com és lògic el projecte té una sèrie de condicionants que s'han d'esmentar per a que la construcció quedi en el seu context apropiat:

- S'han calculat els amidaments aproximant-los als reals, sobretot en quant a volums de terra i materials relacionats amb el superadobe. Tot i així la partida de mur de superadobe s'ha hagut de calcular des d'un punt de vista teòric, sense temps de treball comprovats a la pràctica i amb preus aproximats que poden diferir dels reals.
- El projecte de l'habitatge unifamiliar intenta aproximar-se al disseny real dels habitatges analitzats durant el transcurs del treball, per tal de comprovar si dins d'aquest context de construcció real s'estaria complint amb la normativa del nostre país o si s'haurien d'incorporar variacions respecte la construcció habitual d'aquests habitatges. Per aquest motiu les tècniques que s'utilitzaran seran les més vistes en els casos que s'han examinat al llarg del treball.
- Tot i el punt anterior, també cal remarcar que es pretén adaptar la construcció a la normativa estatal, concretament al CTE en els punts que es preveuen més difícils d'assolir per a aquest tipus d'edificacions. Si les tècniques constructives o els materials dels casos reals no s'adapten a la normativa, es proposaran solucions alternatives o complementaries per tal de complir-la.

5.2 Disseny i construcció de l'habitatge

El disseny es pensa sobre el supòsit de que disposem d'un terreny fictici a Lleida d'uns 200 m², on ubiquem un habitatge unifamiliar de menys de 90m², d'una planta d'alçada, construït amb el sistema superadobe.

Es determina que és un terreny bastant regular, i es pretén utilitzar part de la terra de buidat de rases i desmunts per a construir l'estructura de superadobe i d'aquesta forma experimentar fins a quin punt el reutilitzament de terres és una opció efectiva.

L'habitatge consta de tres doms grans, de 4m de diàmetre interior, que donen lloc al menjador, la sala d'estar i el dormitori. Després tres doms adossats als grans conformen el rebedor, la cuina i el lavabo. Al centre trobem el distribuïdor, que està format per una altra cúpula, que recolza en els tres doms grans. L'edifici també consta d'una terrassa exterior a peu pla.⁷³

S'ha establert una orientació predefinida a la construcció, que correspon al Nord per a la façana principal. En funció d'aquesta orientació s'han ubicat les diferents estàncies en funció de les habitacions que necessiten més llum i les habitacions més fredes, procurant així aprofitar l'orientació del solar.

S'ha elegit un mobiliari raonable per a les diferents estances a fi de donar una visió final de com seria la construcció un cop habitada i en ús. Degut als murs circulars, en el mobiliari també predominen les formes circulars i ovoides, fent joc amb les formes de l'edifici aportant un toc constructiu diferent al que estem acostumats a veure.

La construcció s'ha realitzat amb fonamentació superficial continua de formigó en massa. L'estructura s'ha fet amb superadobe, de 60cm de gruix. La part interior de l'edifici en contacte amb l'exterior s'ha recobert d'aïllament de llana de vidre en feltre.

Aquest gruix relativament gran i la incorporació d'aïllament són deguts a especificacions del DB-HE, que estipula una transmissió tèrmica màxima per a murs, sostres i terres en contacte amb l'exterior. El gruix del mur permetrà treballar més fàcilment als operaris quan realitzin tasques a sobre de les filades de superadobe.

S'han utilitzat revestiments naturals per a l'edifici, tals com morter de calç i enlluït d'argila. Els paviments s'han dut a terme com en qualsevol altre tipus de construcció, i les fusteries i vidrieres també són convencionals.

L'habitatge compta amb subministrament d'aigua potable i electricitat, i també compta amb calefacció per terra radiant. S'ha optat per aquesta elecció degut a la dificultat d'incorporar radiadors o altres sistemes als murs circulars.

⁷³ Veure plànol n°4/11 de l'annex de plànols.

5.3 Amidaments i pressupost

Els amidaments s'han extret majoritàriament dels plànols mitjançant les funcions del programa de dibuix assistit Draftsight i també AutoCAD, donada la gran quantitat de formes irregulars i superfícies corbes que té l'edifici.

Els amidaments més complexes i que no es podien obtenir de forma directa s'han calculat de forma manual. Per a deixar-ne una major constància s'han inclòs a l'apartat d'annexos, concretament al de càlculs.

Pel que fa al pressupost del disseny, els preus són els corresponents a la zona de Lleida ciutat, i estan ubicats en el context actual de depressió econòmica. Per a elegir les partides del pressupost s'han tingut en compte les opcions més utilitzades en casos reals, prioritzant les partides més econòmiques i apropiades per a aquest tipus de construccions.

En el pressupost no s'inclou tot el mobiliari representat als plànols, sinó només el mobiliari bàsic de la cuina i el bany, que és el que normalment es pressuposta (llar sense moblar).

Els preus de les partides s'han consultat a la base de dades online de CYPE i també s'ha utilitzat la base de dades BEDEC per a complementar el pressupost amb partides complexes o simplement per a comparar en cas de dubte.⁷⁴

El pressupost inclou totes les fases necessàries per a la construcció de nova planta de l'edifici fins a la seva finalització, un cop preparat per a ser habitat. Això inclou la partida de condicionament del terreny i fonaments, estructura, totes les instal·lacions, paviments i terres, fusteries i vidrieres, revestiments i finalment el moblat bàsic (cuina i bany).

Un cop obtingut el pressupost d'execució material, s'hi ha afegit un 13% de Despeses Generals de l'Empresa i un 6% de Benefici Industrial per a obtenir el pressupost d'empresa. Sobre el pressupost d'empresa s'ha afegit l'IVA que en l'actualitat és del 21% per a obtenir el Pressupost per Contracte final.

⁷⁴ <http://www.generadordeprecios.info/>
<http://www.itec.es/noubedec.e/bedec.aspx>

5.4 Resultats i comparatives

A continuació s'exposen les dades de l'habitatge i els resultats obtinguts a partir dels càlculs de la partida de mur de superadobe i també del pressupost final:

Donat que la superfície de la terrassa és gran comparada amb la resta, s'ha exclòs del recompte de superfície construïda i de superfície útil, per tal de no interferir en les estadístiques de l'habitatge, com podrien ser la repercussió per metre quadrat.

- Dades de l'habitatge:

Superfície construïda:	102'43 m ²
Superfície útil:	66'55 m ²
Superfície de terrassa:	10'85 m ²
Pressupost total:	96522'06 €
Repercussió per m. quadrat:	942'32 €/m ²

- Dades de la partida de superadobe:

Cost material de la partida:	4507'33 € (10% del total)
Cost de mà d'obra de la partida:	40411'93 € (90% del total)
Cost total de la partida:	44919'26 €

Repercussió per metre lineal de filada:	44919'26 € / 2257'65 m = 19'89 €/m
Repercussió per metre quadrat construït:	44919'26 € / 102'43 m ² = 438'53 €/m ²
Repercussió per metre lineal de mur:	44919'26 € / 40 m = 1122'98 €/m

Quantitat de treball total: Aproximadament 400h

Ritme de treball total: 5'35 m de filada/h

- Comparativa amb altres sistemes constructius:

A continuació s'han escollit dos sistemes constructius típics per a comparar el sistema de superadobe amb sistemes convencionals de construcció.

Concretament s'han elegit els sistemes d'estructura vertical de pilars de formigó i el de mur de fàbrica ceràmic.

Per als dos casos el forjat coberta correspon a la tipologia de forjat de semi-bigueta i revoltó ceràmic amb coberta plana no transitable convencional.

- Estructura de pilars de formigó i sostre de semi-bigueta amb revoltó ceràmic:

Preu Total: 17945'70 €

Repercussió per metre quadrat: $17945'70\text{€}/102'43\text{m}^2 = 175'20 \text{ €/m}^2$

- Estructura de mur de fàbrica ceràmic i sostre de semi-bigueta amb revoltó ceràmic:

Total: 18379'33 €

Repercussió: $18379'33\text{€}/102'43\text{m}^2 = 179'43 \text{ €/m}^2$

5.5 Conclusions de l'apartat

Aquesta construcció teòrica s'ha elaborat amb l'objectiu s'ha extreure conclusions sobre la viabilitat de projectes reals amb superadobe i també per a obtenir preus estadístics sobre el cost d'un edifici d'aquestes característiques, tant a nivell estructural com amb tot el necessari per a ser habitable.

També pretén reconèixer i enumerar els aspectes positius i negatius que es detectin durant el disseny, els càlculs, els amidaments i el pressupost de la construcció. Les conclusions d'aquest apartat són les següents:

- És cert que el sistema constructiu amb superadobe és molt econòmic en quant a materials, i per això té una gran popularitat en el món de l'auto-construcció. No obstant si la construcció es contracta, la mà d'obra incrementa molt el preu de la construcció (pràcticament passa a ser el 90% del cost de la partida). Si s'ha de pagar la mà d'obra el mètode no és tan rentable com amb auto-construcció.
- En terrenys bastant regulars, una gran part de la terra s'ha d'importar de fora de l'obra i això val diners. La terra que es pot aprofitar per a l'estructura és relativament poca, ja que no ha de contenir elements vegetals o brossa (per tant no pot ser la primera capa del terreny). A més a més el terreny que podem rebaixar és relatiu a l'altura d'urbanització de la parcel·la .
- Degut a les formes circulars de la construcció, s'incrementa relativament el preu del mobiliari ja que s'ha de fer a mida. Els materials rectangulars com ara rajoles, planxes d'aïllant, impermeabilitzants, malles electrosoldades, etc. són menys senzills de col·locar i les mermes que tenen són majors del normal.
- Els murs han de tenir un gruix d'almenys 50cm per a complir amb la transmitància tèrmica del mur i per a treballar en bones condicions de seguretat .
- Per complir amb els DB-HE i DB-HS s'han de preveure solucions constructives tant a la solera, als murs i al sostre que suposen un cost que moltes vegades no es té en compte quan es parla d'habitatges de superadobe. Aquest increment de preus pot venir donat per la necessitat d'incorporar aïllament o impermeabilitzant al conjunt.

- L'aprofitament constructiu del terreny és relativament baix (relació superfície de terreny i superfície construïble baixa). L'edifici que s'ha dissenyat deixa poc aprofitament de jardí comparat amb una construcció rectangular.
- El ritme de la mà d'obra influeix moltíssim en la partida de superadobe, fins al punt de que una petita diferència en el ritme de treball del grup pot encarir o abaratir substancialment el preu de l'estructura.

És difícil d'establir preus a la partida de superadobe, ja que com s'ha mencionat, el ritme de treball de l'equip de construcció condiciona molt el preu de la partida.

El resultat de la comparativa no ha estat l'esperat, ja que la construcció del mur de superadobe té un preu de 438'53 €/m² mentre que els seus equivalents convencionals surten per uns 175'20 €/m² en el cas d'estructura de pilars de formigó i 179'43 €/m² en el cas d'estructura de mur de fàbrica.

Segons les dades facilitades pel grup Domoterra, el preu estimat per una estructura de superadobe és de 350€/m². Aquest preu inclou: Fonaments, solera, revestiments i mur de superadobe. Per tant és lògic pensar que el preu per metre quadrat del mur de superadobe és d'entre 150 i 200 €/m² i que per tant és un sistema constructiu més competent del que mostren els càlculs realitzats al treball.

És possible que els ritmes de treball de la partida de mur de superadobe no siguin els adequats, ja que s'ha intentat augmentar a l'alça els temps de treball. A més sense un coneixement pràctic del sistema constructiu és difícil determinar els ritmes de treball de l'equip mentre interactuen amb la construcció.

- Per tant la conclusió és que per valorar correctament el preu d'una estructura d'aquestes característiques de forma rigorosa es necessita un coneixement pràctic a peu d'obra del sistema constructiu, analitzant els ritmes de treballs reals i les funcions dels membres de l'equip de treball de forma individual i també en conjunt.

6. CONCLUSIONS GENERALS DEL TREBALL

6.1 Avantatges

La construcció amb sacs de terra presenta diversos avantatges que s'han anat confirmant durant el treball, i que a manera de conclusió, són els següents:

- Els sistemes de construcció amb sacs de terra són sostenibles, funcionals i amb molt potencial, ja que poden rivalitzar amb altres mètodes constructius en quant a cost i duració de l'obra.
- És un tipus de construcció que accepta moltes tipologies edificatòries: es poden construir edificis rectangulars, circulars, en forma de cúpula, és a dir, és un mètode molt versàtil, tot i que té les seves limitacions.
- La tècnica es pot combinar amb altres sistemes constructius més utilitzats, de forma que pot fer la funció d'estructura + coberta en el cas d'estructures cupulars, o simplement de tancament vertical combinat amb altres sistemes. També admet diversos tipus de cobertes diferents.
- La velocitat de construcció d'una estructura de sacs de terra és acceptable i capaç de competir amb els ritmes de treball propis de murs de fàbrica ceràmica, envans, inclús amb estructures de formigó, ja que aquestes últimes generalment necessiten un cert temps de fraguat.
- El preu d'una estructura de sacs de terra és acceptable si es té en compte que pot complir la funció d'estructura + tancament + coberta, tot i que al contrari del que s'esperava, els preus són similars a altres sistemes constructius convencionals.

6.2 Desavantatges

- És un mètode poc utilitzat en l'àmbit del sector professional, però que s'ha expandit molt en el camp de l'auto-construcció. Per aquest motiu és difícil contractar obres d'aquest tipus i hi ha carència de professionals que coneguin i sàpiguin dur a la pràctica la tècnica constructiva.
- El mètode no es tan econòmic com sembla a primera vista si es té en compte que el preu de la mà d'obra pot suposar el 90% del preu de l'estructura de sacs de terra,

per la qual cosa no és tan barat quan parlem de preus per contracte a empresa enlloc d'auto-construcció.

- S'ha de tenir molt en compte la normativa estatal ja que determina els requisits mínims obligatoris de l'edifici. Degut a aquest factor pot ser que s'hagi d'incorporar solucions constructives que en un primer moment no s'haurien tingut en compte.
- La quantitat de terra que es pot aprofitar del propi terreny és molt relativa i està condicionada per la regularitat del terreny (si és pla o abrupte) i també pel nivell d'urbanització de la parcel·la on es construeix. En un terreny normal amb pocs desnivells la terra que podem aprofitar per a l'estructura pot suposar un 5% del total. La gran part s'acabarà important a l'obra, tot i que el cost de fer-ho és baix.
- Les construccions en forma de cúpula són ideals per a optimitzar els costos de l'edifici, però també tenen les seves contrapartides, com ara la necessitat de mobles fets a mida i la poca edificabilitat de la parcel·la.

7. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

“Earthbag Building - The Tools, Tricks and Techniques”, Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer (2004) Ed. New Society Publishers, Gabriola Island.

“Earthbag Building Guide” - Owen Geiger (2011)

www.domoterra.es

www.Calearth.org

www.Earthbagbuilding.com

www.naturalbuildings.com

www.casayburro.com

www.small-earth.com

www.ecodome.es

www.generadordeprecios.info/

www.itec.es/noubedec.e/bedec.aspx

www.otcsuperadobe.blogspot.com.es

www.tienestierratienescasa.com

www.earthbagplans.wordpress.com

www.ecotumismo.org

www.estadovital.com

www.ecoclay.es

www.corchoprojectado.org

8. ANNEXOS DEL TREBALL

8.1 Diccionari de termes

Donat que el treball fa referència a algunes paraules que no tenen cabuda en la llengua catalana o que són poc utilitzades, s'ha creat un annex de vocabulari per a definir aquestes paraules i d'aquesta manera orientar al lector .

Earthbag: terme anglès que significa “sac de terra”. Durant el treball s'utilitza per a referir-se a la “construcció earthbag”, és a dir la construcció que consisteix en construir edificis o murs amb sacs de terra.

Superadobe: és el nom donat per Nader Khalili a la seva tècnica millorada de construcció amb sacs de terra. Es diferencia de la manera convencional de construir en que s'utilitza un tipus de sac molt llarg (adquirit en bobina) en lloc de petits sacs individuals.

Hiperadobe: és un sistema alternatiu al superadobe que enlloc d'utilitzar sac de polipropilè fa servir sac raschel per a construir. Els murs. El seu creador va utilitzar aquest nom a partir del superadobe.

Dom: [del fr. *dôme*, i aquest, de l'oc. *doma*, íd. b. ll. *doma*, -*ātis*, i aquest, del gr. *dōma*, -*atos* 'casa, sostre, cúpula']

La paraula dom es remunta al grec on significava “casa, sostre, cúpula”. En el català no existeix com a sinònim de la paraula cúpula , no obstant es pot comparar la seva etimologia amb la d'altres idiomes que sí l'utilitzen, com l'anglès, el francès o el castellà.

En el treball, Dom (Domo en castellà) fa referència a les estructures en forma de cúpula que es construeixen amb sacs de terra. En l'anglès i el castellà (dome, domo) el mot és bastant usual dins del món de la construcció amb sacs de terra.

Papercrete: és un revestiment format de pasta de paper i una petita adició de ciment, que s'explica més extensament a l'apartat 3.1.1. (pàg. 64).

8.2 Entrevistes realitzades

8.2.1 Entrevista a Bárbara Mas, representant del grup Domoterra

Primerament, qui sou els integrants de Domoterra?

El meu nom és Bárbara Mas, i formo part del grup Domoterra. He sigut la responsable de la direcció tècnica del projecte La Semilla. A més, a la construcció de La Semilla hi han participat altres persones, com Quique Salgado (President de Domoterra) i altres integrants.

Si bé no tots segueixen pertanyent a Domoterra en l'actualitat de forma activa, si que formen part de l'equip de construcció, desenvolupant una important tasca durant les obres com a tècnics especialitzats en el sistema constructiu superadobe: l'Álvaro, en Saturnino, l'Antonio, en Juanito, en Kenneth, en Tonan, en Roger i altres.

Exactament, què és i com neix Domoterra?

L'associació Domoterra és el vehicle actual d'una idea que va sorgir entre un grup d'amics al 2008, d'això fa 5 anys. Vam trobar a internet una casa preciosa, en forma de dom, totalment natural, rere la qual hi havia una filosofia que ens va fer vibrar des del començament.

Ens vam enamorar d'aquestes cases en un autèntic amor a primera vista, i va sorgir entre nosaltres el desig d'apropar aquesta tècnica constructiva a les persones que també es sentissin atretes per elles aquí, a Espanya.

No podíem imaginar-nos quan vam fer el primer viatge a Cal-Earth, a Califòrnia, que el superadobe es desplegués amb tanta força a Espanya. Així doncs el 2009 ens vam presentar a l'Institut Cal-Earth i vam proposar les nostres intencions de portar la tècnica a Espanya. Vam obtenir un miraculós "sí", ja que segons vam saber, moltes altres persones havien intentat aconseguir el vistiplau de Cal-Earth sense èxit.

Nader Khalili, el creador de la tècnica (i fundador de l'Institut junt amb la seva esposa, la també arquitecta Iliona Khalili) havia mort un any abans de la nostra arribada, i els seus dos fills dirigien l'Institut.

Un any després del primer viatge, volàvem novament a Califòrnia junt amb un grup de persones que vam reclutar com a part de l'equip de formadors a Espanya, amb l'objectiu de realitzar la nostra formació a l'Institut Cal-Earth per a les Arts i l'Arquitectura amb Terra.

Durant un mes de formació intensiva vam rebre una exhaustiva preparació, amb l'objectiu de poder transmetre la tècnica a altres persones posteriorment al nostre país, tal com Nader Khalili la va ensenyar. Durant aquella època, gairebé ningú coneixia l'existència del Superadobe i les seves virtuts.

Des de llavors fins ara, s'ha recorregut un llarg i dur camí que ha començat a donar alguns fruits, com el projecte de La Semilla i alguns altres doms estesos pel paisatge peninsular com el dom construït a Tenerife pels adolescents d'Aldeas Infantiles sota la nostra supervisió, un íntim apartament per a una parella jove a Castellón, i uns quants doms senzills a Múrcia, Guadalajara, Cáceres...).

També s'han obtingut alguns beneficis, com un extens bagatge com a formadors i constructors i per sobre de tot, una gran acollida al superadobe a Espanya a partir d'una idea que va sorgir de 4 companys.

Avui en dia des de Domoterra treballem amb la intenció de contribuir amb el nostre granet de sorra a fomentar formes de vida més harmòniques, generant espais confortables i saludables per a viure-hi. Estem restaurant el valor de la terra com un material de construcció noble, natural i disponible de manera il·limitada, a través d'una tècnica de bioconstrucció amable amb la natura i la salut de les persones, en combinació amb energies netes i renovables.

Domoterra ha impartit a dia d'avui al voltant de 30 cursos de formació per tota la geografia espanyola, entrenant a més de 200 persones, algunes de les quals ja estan auto-construint les seves pròpies llars de terra. Actualment l'equip està integrat en un equip internacional en formació continua instruït per Iliona Khalili.

Hem recorregut un llarg camí fins aquí, i encara queda molt per fer. Mirant enrere i recordant com tot això va sorgir d'una manera tan natural i espontània, sense buscar-

ho premeditadament, em ve a la memòria una frase d'Arthur Miller que diu així: "Arriba un moment en que t'adones de que en realitat no t'has especialitzat en alguna cosa, sinó que aquesta cosa s'ha especialitzat en tu."

La pregunta és obligada: per què construir amb Superadobe?

El Superadobe posseeix nombroses bondats i beneficis dels quals podem gaudir en el nostre habitatge:

En primer lloc els doms son cases ecològiques, i per tant sanes per al medi ambient i per la nostra salut. L'arc i la volta són estructures i formes fortes de la natura, ja que treballen amb harmonia amb la gravetat, la fricció, la exposició mínima i la compressió simple, sense esforços tangencials. Els doms són estructures tremendament estables i sòlides, amb murs que arriben fins a 1 metre de gruix.

Aquest tipus de cases han estat testades en quant a resistència de terratrèmols, incendis, inundacions, i fins i tot impactes de bala. Degut a l'elevat índex de massa tèrmica, junt amb les tècniques de climatització passives que s'apliquen a la construcció, aquestes cases gaudeixen d'un excel·lent comportament bioclimàtic, resultant càlides a l'hivern i molt fresques a l'estiu. Com a conseqüència, necessiten molt poca energia per a escalfar-se i pràcticament cap per a refrigerar-se.

També ofereixen una alta qualitat en aïllament acústic i electromagnètic. Tenen una gran durabilitat, degut als materials utilitzats en la seva construcció (terra i calç). A més degut a la facilitat del sistema constructiu que s'utilitza, els propietaris de la casa poden participar en la seva construcció, orientats per un equip de tècnics qualificats o bé poden crear el seu propi projecte d'auto-construcció, després d'obtenir la formació necessària.

Aquests són alguns dels avantatges dels que es pot gaudir al construir la teva casa amb Superadobe, sense oblidar-ne d'altres, no tan tècniques però no menys importants, com afavorir la cooperació entre persones que s'ajuden mútuament a construir, i la recuperació d'un coneixement perdut tot i que fonamental per a les persones, com és saber construir un sostre per a la teva família, a partir dels materials que t'ofereix la natura, sense complexos processos industrials ni materials sintètics.

Realment el Superadobe aporta tots els avantatges que se li atribueixen?

Tots els beneficis que he mencionat en l'anterior explicació són reals, i quan arribes a conèixer aquestes cases, quan les construeixes, pots comprovar amb els teus propis ulls que això és una realitat. Potser costa de creure a l'estar tan allunyat del que estem acostumats a veure en construcció.

La capacitat de resistència d'una volta és molt major del que ens podem imaginar. Són les estructures més estables de la natura. Per mencionar un exemple, després de la desafortunada explosió nuclear d'Hiroshima i Nagasaki, només va quedar en peu l'estructura d'una cúpula, en mig d'un paisatge devastat i ple de runa, cendra i pols.

La natura ha escollit aquesta forma geomètrica per a manifestar formes tan resistents com una fruita, una closca, un ou, o una bombolla. En quant a les estructures en forma de dom que es creen amb el Superadobe, han superat simulacions sísmiques horitzontals (les sacsejades horitzontals són les més destructives durant un terratrèmol) de graus 4 a 6 en l'escala Richter, sense sofrir pràcticament desperfectes. També resisteixen càrregues verticals molt fortes, degut a que la volta i l'arc treballen a compressió, seguint la mateixa mecànica que l'arc de dovelles.

En quant a construcció ràpida i econòmica, és una manera ràpida, fàcil i barata d'aixecar petits refugis d'emergència en zones de desastres o de conflictes bèl·lics, podent competir en comoditat, qualitat i gairebé rapidesa amb les tendes de campanya, ja que entre varies persones qualificades es pot construir un petit refugi d'1'5m de diàmetre en uns tres dies, utilitzant terra sense estabilitzar.

Tot i així quan parlem de construir una casa de gran tamany, amb uns criteris de qualitat i espais més grans, els temps de construcció són més dilatats. Per exemple, cada dom de La Semilla (de 4'4m de diàmetre) va construir-se en el termini d'un mes.

En quant al preu d'aquestes construccions, radica sobretot en el cost de l'estructura (uns 350 €/m²) si bé el preu de la mà d'obra dobla el preu per metre quadrat construït.

A més de l'estructura tenim els acabats finals, que poden elevar el preu per metre quadrat acabat a uns 850-950 €/m² o més, depenent de la qualitat final que es desitgi.

En definitiva, la nostra experiència ens demostra que es pot construir per molts pocs diners, utilitzant les teves mans, amb l'ajut dels teus amics o família, utilitzant terra del teu propi terreny i reciclant, o bé moure'ns a preus actuals de mercat en el cas de contractar la construcció a un equip especialitzat, com en el cas de La Semilla, tot i que sempre s'obtindran qualitats i rendiments molt superiors als que ofereix una construcció convencional.

Com va començar el vostre projecte més conegut, La Semilla?

El projecte de La Semilla va sorgir pràcticament quan vam tornar de la nostra formació a Califòrnia, ja que la propietària del terreny, s'havia informat dels nostres passos i ens va contractar per a que construïssim la seva casa "quasi al aterrar".

La propietària és una dona d'idees modernes e innovadores, i es va enamorar d'aquest tipus de construcció a primera vista, igual que nosaltres. Sabia perfectament el disseny que desitjava per la seva casa, l'estructura circular de "La Llabor de la Vida", d'aquí el nom de la construcció, a més de ser un nom ben apropiat pel nostre primer projecte! Havia pensat en tots els detalls i disposava dels diners necessaris per a construir, així que va resultar relativament fàcil posar en marxa la maquinària del procés constructiu.

A grans trets, com es va afrontar la part normativa i de redacció del projecte?

Pensàvem que la trava més gran arribaria en aquest àmbit, però no va ser així. Val a dir que l'arquitecte del projecte va desenvolupar la seva tasca molt eficaçment, i es van obtenir les llicències amb gran agilitat.

Entre tots vam formar un equip perfecte, que va donar com a resultat que aquesta construcció estigui avui dempeus, com una de les primeres construccions de Superadobe d'aquestes dimensions a nivell internacional. Després l'han seguit algunes altres, també molt belles.

En definitiva, per a construir una casa de Superadobe actualment a Espanya, has de seguir els mateixos tràmits que per una construcció habitual, en ser estructures immobles: la llicència municipal de construcció (que es recomanable consultar amb l'ajuntament degut a les diferències que presenta segons el municipi o regió) i el projecte d'arquitectura i visat del col·legi d'arquitectes (a partir d'un cert nombre de metres quadrats construïts).

Com es va construir La Semilla i quins van ser els majors reptes als que va fer front?

A nivell tècnic van sorgir alguns reptes, com l'extensió de l'habitatge (144 m² construïts) en l'espai permès de construcció, que no era gaire més gran, la qual cosa vam resoldre compartint murs entre els doms. Això va suposar un gran repte a nivell d'execució, en sorgir dos cúpules d'un mateix mur comú. La construcció de la cúpula central arriba als 6'5m d'altura va ser una gran experiència, i també va suposar una gran dificultat degut al treball en altura.

La preparació de la fonamentació també va ser molt dura, ja que la casa s'aixecava sobre els fonaments d'una antiga masia. Això ens va permetre proporcionar un bon drenatge a l'habitatge, mitjançant una plataforma molt profunda de pedra i grava, barrejades amb ciment aeri. Tot i que va ser un treball molt penós, amb l'ajuda d'un petit martell compactador i moltes hores de treball es va dur a bon port.

La preparació dels accessos de treball també va ser complicada degut a la ubicació de l'habitatge, que estava situat sobre un petit turó rodejat de roques i vegetació.

Els amplis arcs bessons en dovella, de més de 2 metres de llum, que rematen el gran finestral de la sala d'estar i la porta d'entrada des de la terrassa principal, són un treball artesanal de gran dificultat tècnica i d'execució, tot i que recordo amb estima i emoció els bons moments que vam passar dedicant-nos-hi.

En general, tota la construcció s'ha executat amb enorme entusiasme i dedicació, posant molta cura a cada metre quadrat construït. Ara aquesta energia impregna els murs d'aquesta casa; l'energia de totes i cadascuna de les persones que va dedicar el

seu temps i el seu esforç a aixecar aquells arcs i cúpules. Sempre vam tenir present a Nader Khalili, el pare d'aquesta tècnica, durant tots els treballs.

Però si em preguntes pel repte més gran de tots, et diré que va ser i segueix sent en cada projecte, el factor humà. Crear un equip de persones treballant en harmonia i amb la major eficàcia possible, tenint en compte que darrera de tu arribarà algú altre per a continuar on tu ho has deixat, formant una poderosa cadena humana, és sens dubte des del meu punt de vista una de les assignatures més difícils d'aprovar. És sens dubte un aprenentatge constant, a l'igual que els nous reptes tècnics que ofereix cada nou projecte.

Quin és l'estat actual de La Semilla? S'hi troben còmodes els propietaris?

L'habitatge es troba actualment en ús per part de la seva propietària. Un any i mig després de la seva construcció, el seu assentament i estat de conservació són correctes, i no requereix de cap actuació immediata de manteniment.

Segons sabem, la casa ha resultat ser molt còmoda, càlida i confortable per a viure-hi, si bé el lluernari d'1'5 metres de policarbonat instal·lat a la cúpula central ha resultat ser molt calorós durant l'època d'estiu, fins al punt de necessitar cobrir-lo durant les hores de sol a l'estiu. Pel que fa a la resta, creiem que el comportament de l'habitatge és més que satisfactori, una vegada superada l'enginyosa tasca d'instal·lar mobles en una casa de murs circulars!

Per últim, quines són les vostres conclusions i anècdotes més rellevants sobre la construcció amb Superadobe?

La nostra conclusió a dia d'avui, treballant amb Superadobe, és que tenim a les nostres mans una tècnica de construcció meravellosa per a crear les llars del futur. Una tècnica de gran plasticitat i senzillesa que genera espais molt confortables. Un cop tanques una cúpula, emet una atracció magnètica que t'invita a contemplar-la i sentir-la des del seu exterior i el seu interior.

Per cert, quan es tanca una cúpula sempre és un motiu de celebració, alegria i enorme satisfacció per a tots els implicats. Al temps que es tanca l'estructura,

s'assenta en l'interior del constructor una gran sensació no exempta d'esforç físic, mental i emocional. Algunes les hem celebrat amb cava i amb tots els luxes!

També ens agradaria remarcar el fet de que dins de la senzillesa d'aquesta tècnica, la construcció d'una casa de superadobe suposa un gran repte a nivell físic, mental e inclús emocional, i no recomanem a ningú, ja sigui personal tècnic o no, que abordi un projecte de superadobe sense una prèvia preparació i formació.

Ens escriuen moltes persones interessades en fer-ho pel seu compte, i els diem sempre que el temps i els diners que inverteixin en la seva formació, els suposaran un decisiu estalvi econòmic i de temps quan desenvolupin el seu projecte personal.

Als tècnics que desitgen emprendre projectes amb superadobe, igualment els recomanem un estudi previ i preparació pràctica que els permetrà dissenyar amb majors garanties de seguretat per als seus clients i treballadors, i assegurar solucions tècniques factibles i segures.

L'última reflexió que ens agradaria compartir, és la peculiaritat d'aquesta tècnica, impossible d'industrialitzar i fabricar en sèrie. Són autèntiques artesanies de grans dimensions, on la mà de la persona que edifica deixa una empremta irrepètible, ja que la mecanització del sistema té un límit d'intervenció molt clar. Són cases úniques e irrepètibles; com les persones.

8.2.2 Entrevista a Alberto Aguado, propietari del restaurant Las Cúpulas

En primer lloc, et demano una petita presentació.

Sóc Alberto Aguado, i regento el restaurant Las Cúpulas junt amb la meva esposa M^a Sagrario Calvo. Ens hem especialitzat en el sector de la restauració, i hem muntat el nostre restaurant aquí, a San Cebrián de Campos.

D'on naix la idea de crear un restaurant i quina era la idea que teníeu en ment?

La veritat és que portàvem uns quants anys donant-li voltes a varies idees per fer a San Cebrián. Vam adquirir un terreny al poble, i finalment ens vam decidir a construir un restaurant de nova planta amb el mètode superadobe.

El que nosaltres desitjàvem era regentar el nostre propi restaurant, per a oferir un tracte proper i un bon preu als nostres comensals.

L'actual crisi econòmica no va entorpir els vostres plans?

És cert que l'època en sí és bastant dolenta, però com teníem experiència en el sector de la restauració, vam decidir posar-lo en marxa de totes maneres.

Per que vau escollir la construcció amb superadobe?

Vam escollir el superadobe perquè és una construcció més econòmica i ecològica que la convencional. Ens va semblar un mètode millor que la construcció normal i corrent.

Com vau conèixer el mètode constructiu?

La veritat és que el vam conèixer per internet. No hem participat en cap curs especial ni en cap col·loqui d'assessorament tècnic. Vam buscar tota la informació que necessitàvem a través de la ret.

Com es va gestar el projecte del vostre restaurant?

Al principi vam estar buscant arquitecte, però cap volia fer-se càrrec de la nostra construcció, suposem que per ser tant alternativa. Al final vam trobar a l'arquitecta Pilar Díez, que després de pensar-s'ho va accedir a ajudar-nos. Li vam explicar el que volíem i com ho volíem, i es va encarregar de la redacció del projecte i els plànols.

Com es va afrontar la part normativa i de redacció del projecte?

Com de costum, es van haver d'obtenir llicències de tota classe. A més necessitàvem un arquitecte i un aparellador, que duguessin a terme la seva funció, redactessin els documents necessaris i manegessin el tema de la seguretat a l'obra. Sempre pots trobar petits contratemps, però al final tot es soluciona.

Com es va construir Las Cúpulas i quins van ser els majors reptes als que va fer front?

El principal repte va ser trobar una empresa capaç de construir-nos el local: Finalment vam trobar-ne una a Palència ciutat que va acceptar el treball, tot i que no tenien coneixement ni experiència en les construccions de superadobe.

La meva esposa i jo vam estar treballant amb ells, per a guiar-los una mica en alguns aspectes, ja que gràcies a haver estat informant-nos de les construccions amb superadobe durant uns quants anys, havíem arribat a conèixer bastant bé els procediments constructius. De fet es podria dir que en certa manera vaig estar conduint l'obra.

El local està construït de la següent manera: en primer lloc, per als fonaments es va escollir fer una lloseta de formigó, degut a l'alta humitat del terreny. L'interior dels sacs es va omplir d'argamassa de terra amb calç, i els revestiments es van fer de calç amb sorra a l'interior i a l'exterior d'una primera capa de calç i una segona de morter hidròfug. Tots els revestiments es van aplicar manualment.

Quin és el vostre grau de satisfacció amb la construcció i en quin estat es troba actualment?

La veritat és que estem molt satisfets amb els resultats obtinguts. Com pots veure, és cert que hi ha algunes fissures en el revestiment, però és normal que n'apareguin algunes mentre l'edifici s'assenta i els revestiments van perdent humitat.

Per últim, quines són les vostres conclusions o anècdotes més rellevants sobre la construcció amb superadobe i que us ha semblat aquest mètode de construcció?

La veritat és que hem confirmat que la construcció amb superadobe és realment ecològica, econòmica i segura. Per ser-te sincer no és gaire complicada de dur a terme, tot i que el recomanable seria tenir coneixements de construcció, perquè durant l'obra acostumen a sortir problemes que s'han de resoldre amb aquests coneixements. En aquest aspecte l'empresa constructora ens va aportar la seva experiència en construcció.

Per acabar, com a dada rellevant, m'agradaria afegir que aquest edifici és el primer d'aquest tamany (nou cúpules) que s'ha construït a Espanya i part d'Europa. De fet ens van atorgar el premi Empresa Innovadora de Recent Creació que entrega la Diputació de Palència per ser el primer local del país en ser construït amb superadobe.

8.3 Visita a un edifici de superadobe

Visita al restaurant Las Cúpulas (Palència)

Durant les vacances de setmana santa del 2013, concretament del 28 de Març al 2 d'Abril, vaig estar de viatge a la província de Palència amb la meva família. Durant l'estança vaig aprofitar per visitar el restaurant Las Cúpulas, i d'aquesta forma poder veure en persona un edifici construït amb superadobe i format a base de cúpules.

La visita al restaurant es va dur a terme el Dissabte dia 30 de Març. El restaurant es troba al poble de San Cebrián de Campos. El poble té prop de 500 habitants, i en destaca una prominent església, reflex d'unes èpoques més pròsperes per al poble.

És un poble de poca extensió superficial, de cases unifamiliars, de com a molt planta baixa i primera. També hi ha lloc per molts patis adossats, de forma que no tots els habitatges són aparellats.

Donant un passeig pel poble es pot observar la cultura de la construcció amb terra que es tenia en un temps anterior a la zona palentina. Es poden apreciar cases de tapia i maons d'adob, actualment deshabitades i en desús.

Això em fa pensar en la decisió dels propietaris del restaurant d'utilitzar una tècnica de construcció amb terra. Han escollit una tècnica molt nova, però que basa els seus pilars en la construcció amb terra, com era habitual dècades abans.

Em sembla una forma innovadora de fer ressorgir els sistemes constructius amb terra sense deixar de banda el progrés que el superadobe o altres sistemes aporten a les construccions de terra.

Cap a les 12:00 del matí ens aturem a fer un cafè a un bar del poble. Com ja he dit és un poble petit, sembla ser que té dos bars i un casal juvenil. Un cop acabat el recés sortim a buscar el restaurant de superadobe.

Descobrim que es troba en un terreny situat cap a les afores del poble, sense gaires cases al voltant. No obstant sembla una bona ubicació. El fet d'estar apartat ressalta l'edifici i les seves formes, i li aporta lluminositat, ja que no el tapa cap altre edifici. Tenim l'oportunitat de parlar amb un parell de clients que es troben a l'entrada del bar-restaurant, fent un cigarret.

Ens comenten que el restaurant els agrada i que, com salta a la vista, es tracta d'una cosa diferent. Crec que el restaurant ha degut causar impressió al poble degut a les formes en cúpula i al peculiar sistema constructiu.

Tot seguit entrem a demanar taula per a unes hores més tard. L'ambient és el d'un bar-restaurant qualsevol, amb la seva barra, les taules, una zona per al personal, etc.

La temperatura a l'interior és agradable, tot i que a l'exterior hi fa molt fred. No obstant sembla que no hi ha cap sistema de calefacció. La llum era bona ja que les finestres laterals es complementaven amb la llum zenital del capdamunt de les cúpules.

Coneixem en persona al propietari, Alberto Aguado, amb el qual ja havia parlat amb antelació per correu electrònic, i a qui havia comentat que visitaríem l'establiment entre el dia 30 i 31. Es va alegrar de conèixer-nos, i ens va reservar taula per més tard.

Abans de prosseguir amb la visita pel poble vaig donar un cop d'ull al restaurant. La connexió entre cúpules deixa un espai obert, de manera que tot sembla formar part d'un mateix menjador, tot i que té sales diferenciades.

Tot i haver analitzat el sistema constructiu abans de fer el viatge, mentre dono un cop d'ull al meu voltant, m'adono de que estar en un edifici de superadobe és una experiència diferent.

Hom no sol trobar cúpules en els habitatges, o en els restaurants, o en les botigues. Els espais circulars, amplis i alts, il·luminats des del sostre semblen propis d'esglésies, no d'habitatges o locals. Aquestes formes i lluminositats sembla que em toquen alguna mena de fibra espiritual, possiblement per aquesta sensació de temple que les cúpules proporcionen.

Crec que descobreixo perquè el sistema superadobe atreu a tanta gent. El contacte de la persona amb l'edifici impacta, i el restaurant no tan sols aporta una funció, un servei, sinó que brinda una experiència gràcies a la morfologia de l'edifici que altres llocs no poden oferir.

Tornem al poble, i seguim donant un tomb pels carrers, on seguim confirmant que la construcció amb terra està arrelada a les terres palentines, tot i que ha caigut en l'oblit

i en la deixadesa. Un cop arriba l'hora de dinar tornem a l'edifici, disposats a gaudir d'un dinar una mica diferent.

L'Alberto ens ensenya la taula on menjarem, i mentre ens acomodem, ens porta les cartes amb el menú. Consta de tres primers i tres segons, on predomina especialment el peix.

L'Alberto ens comenta que és degut a que per setmana santa existeix la costum de no menjar carn, i per això prefereix oferir un menú basat en el producte marí. Si una cosa he après a les terres de Palència en temporada de setmana santa és que la gent segueix sent molt fidel a les tradicions de la terra. Per això entenc perfectament la orientació del menú.

Tot i així jo no sóc de Palència ni em considero gaire tradicionalista: em declino per la carn. Demano una escalivada de verdures de primer plat, i de segon plat em decanto per unes galtes de vedella amb patates fregides. El menú et fa sentir com a casa: consta de plats casolans i típics de la zona, que són saborosos però no són complicats.

Els meus pares i jo coincidim en que el menjar està molt bo i està ben presentat. No li trobem cap pega. Sembla que a la cuina tenen bona mà pels menjars casolans i com a resultat quedem molt satisfets.

La carta de postres és variada. Consta del normal: algunes fruites, i també flams i iogurts. Però també consta de pastissos de poma i de fruites del bosc, que són marca pròpia de la casa. Decidim demanar-los, resulten ser molt bons i se'ls nota la mà casolana.

Quan ens havíem assegut per a dinar érem els únics a la sala, però poc a poc també hem vist com diversos clients han anat entrant per a menjar, fins a omplir tres o quatre taules. També ha aparegut gent que simplement ha vingut a fer un cafè o a prendre una cervesa.

Quan acabem, pregunto a l'Alberto si em permet treure unes quantes fotografies del local. Em dóna permís, tot i que em diu que no puc accedir a la cuina, tal i com li havia demanat amb antelació per correu electrònic.

És una petita decepció, ja que tenia ganes de veure com s'integrava una cuina comercial en una cúpula de superadobe. Podria interessar a la gent que pensa crear un local d'aquestes característiques. No obstant m'acontento donant un cop d'ull a la resta del lloc.

Té tots els serveis que pot tenir un restaurant. Televisió, electricitat, aigua corrent... Aquí podeu veure algunes de les fotografies que vaig fer:

Mentre estic fent fotografies els meus pares parlen de l'edifici amb l'Alberto. Un cop he acabat m'afegeixo a la conversació.

Mentre estem parlant, noto que una dona que està prenent una beguda amb dos amics observa la nostra conversació interessada. De cop i volta penso que podria ser l'arquitecta del local, i sembla que ella també s'adona de qui sóc, ja que li havia comentat que visitaria Las Cúpulas per setmana santa.

Ella decideix acostar-se, i sí, realment era Pilar Díez, l'arquitecta de Las Cúpulas! Ella m'havia dit que no podríem veure'ns durant la meva estància a Palència, però d'alguna forma vam coincidir el mateix dia al restaurant.

Tot i la interrupció es mostra disposada a parlar una estona amb nosaltres de l'edifici, i a parlar de la tècnica del superadobe en general. A ella li sembla una tècnica genial, tot i que descobreixo que els ha estat difícil trobar personal per a construir el restaurant.

Al final van contractar una empresa de Palència ciutat que no tenia experiència amb el superadobe, però amb la guia de Pilar i Alberto se'n van sortir prou bé. També els comento que he vist algunes fissures i un petit descrostament al revestiment interior de l'edifici.

Pilar em comenta que són normals, que l'edifici és nou i està acabant d'assentar correctament. Alberto sembla assentir, no sembla que hi tingui cap inconvenient. Se'l veu molt satisfet i orgullós de l'edifici.

Finalment ens vam acomiadar de la Pilar i l'Alberto per a prosseguir el nostre viatge per les terres de Palència. Hem quedat molt contents amb el menjar, i també hem gaudit de la companyia d'Alberto i Pilar, el propietari i la projectista de Las Cúpulas.

Un cop al cotxe m'adono que als meus pares també els ha sorprès gratament l'edifici. És impossible no deixar-se sorprendre per les seves formes i la llum zenital que prové del capdamunt de les cúpules. Definitivament ha estat una experiència que ha valgut la pena i que no podrem oblidar.

8.4 Càlculs de l'apartat 5

8.4.1 Càlcul del volum de terra estructural

- Per a calcular el volum necessari de l'edifici es simplifica el càlcul del volum d'un dom. Per a això necessitem conèixer el diàmetre mig del dom i el nº de filades que té. Aquestes dades les obtenim de forma gràfica dibuixant i mesurant la secció de l'edifici.

Diàmetre en la base del dom: 4 m

Nº de filades de la cúpula: 44 filades

Diàmetre mig de les filades: 3'6 m

Superfície de superadobe en la base: 35'9 m²

Coeficient de compactació de la filada: 1'10

Proporció de l'adob: 90% terra i 10% calç aèria

Terra estructural aprofitable de l'acondicionament del terreny: 3 m³

- Per a obtenir la longitud mitja de la filada:

Longitud mitja de la filada: $3'6 \times \pi = 11'32 \text{ m}$

- Amb la longitud mitja podem obtenir el volum mig de la filada:

Volum mig de la filada: $11'32 \text{ m} \times 0'6 \text{ m} \times 0'1 \text{ m} = 0'68 \text{ m}^3$

- Multiplicant el volum mig pel nombre de filades obtenim el volum total aproximat:

Volum total del dom: $0'66 \text{ m}^3 \times 44 \text{ filades} = 29'88 \text{ m}^3 \approx 30 \text{ m}^3$

- Volum cilíndric equivalent:

Primer necessitem calcular una altura cilíndrica equivalent de les filades, ja que una cúpula té diversos diàmetres que es van estrenyent conforme la cúpula creix.

Per a simplificar tots els càlculs volumètrics i de superfícies s'utilitzarà una equivalència de cúpula a cilindre de la següent forma:

Volum de la filada major (en la base) = $4'6 \text{ m} \times \pi \times 0'6 \text{ m} \times 0'1 \text{ m} = 0'867 \text{ m}^3$

Dividint el volum total pel volum de la filada més gran obtenim:

$$30 \text{ m}^3 / 0'867 \text{ m}^3 = 34'6 \text{ filades}$$

És a dir, amb el volum total del dom es pot crear un cilindre de 34'6 filades d'un diàmetre de 4'6 m.

Sabent l'altura de cada filada:

$$26'1 \text{ Filades} \times 0'1 \text{ m} = 3'46 \text{ m d'altura.}$$

- Per tant ja tenim una equivalència amb la superfície a ran de terra del dom i una altura de 3'46 m.

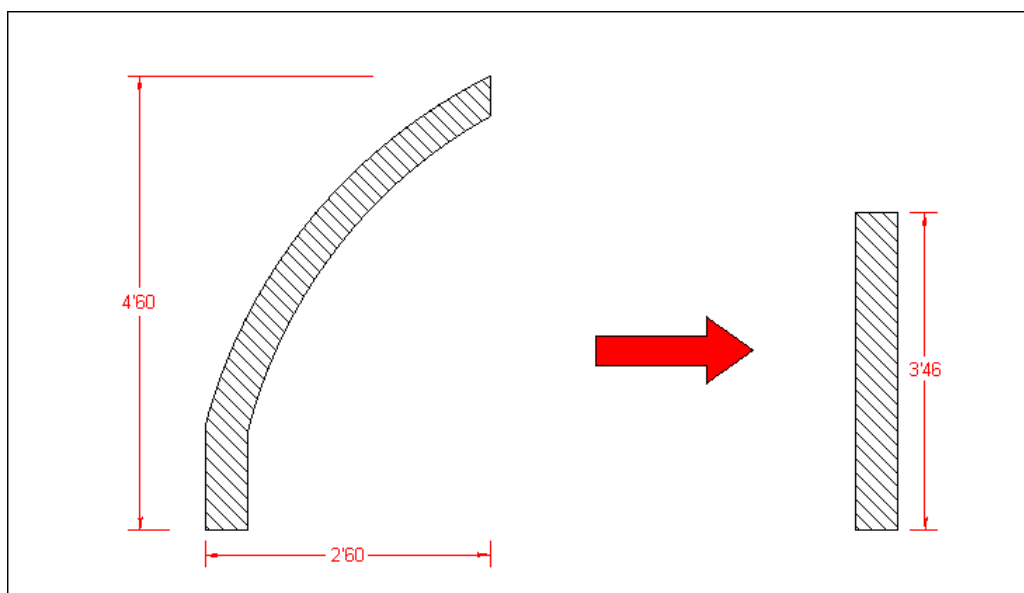


Figura 221. Equivalència d'altura de cúpula a altura de cilindre.

Ara amb una altura equivalent del volum, podem aproximar el volum total de la construcció:

- Sabent pels plànols que la superfície total de superadobe en la base és de $35,9 \text{ m}^2$ obtenim el volum aproximat de terra total de la construcció:

$$35'9 \text{ m}^2 \times 3'46 \text{ m} = 124'21 \text{ m}^3 \text{ de terra.}$$

S'ha de tenir en compte el factor d'esponjament de la terra a l'hora de calcular el seu volum real. Sabent que la terra en el seu estat disgregat té un coeficient de 1'20 i

que en el seu estat natural al terra té un coeficient d'1'00, podem aproximar que la compactació manual de les filades té un coeficient aproximat d'1'10.

És a dir, queda menys compactada que en el seu estat natural al terreny.

- Per tant, sabent que tenim $124'21 \text{ m}^3$ de terra compactada a 1'10 i volem saber quin volum té en un estat d'1'20, es fa una senzilla regla de tres:

$$1'20 \times 124'21 / 1'10 = 135'5 \text{ m}^3 \text{ de terra esponjada.}$$

- Tenint en compte que la barreja que conté el sac és un 90% de terra i 10% de calç podem filar prim i obtenir el volum de terra crua i calç per separat:

$$\text{Volum de terra crua: } 135'5 \times 0'9 = 122 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum de calç aèria: } 135'5 \times 0'1 = 13'5 \text{ m}^3$$

- Per últim es descompta a aquest volum de terra la terra procedent del nostre propi terreny que servirà per a l'estructura. En aquest cas s'ha escollit la xifra conservadora de 3 m^3 :

$$3 \text{ m}^3 \times 1'20 = 3'6 \text{ m}^3 \text{ del terreny}$$

$$122 \text{ m}^3 - 3'6 \text{ m}^3 = 118'4 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum de terra final que s'ha d'importar a la obra: } 118'4 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum de calç aèria necessària per a l'estructura: } 13'5 \text{ m}^3$$

8.4.2 Càlcul de revestiments i pintures

- Tot seguit es calcula la superfície dels revestiments i les pintures. Per a fer-ho es necessiten algunes dades que ens venen donades pels plànols:

$$\text{Perímetre exterior: } 40'38 \text{ m en plànol} + 15 \text{ m} = 55'38 \text{ m}$$

$$\text{Perímetre intern : } 76 \text{ m}$$

S'utilitza l'altura equivalent obtinguda de l'apartat anterior per a fer una aproximació de la superfície d'una cúpula a la superfície d'un cilindre. L' altura equivalent és de 3'46 m.

- Superfície del revestiment exterior:

$$55'38 \text{ m} \times 3'46 \text{ m} = 191'61 \text{ m}^2$$

Superfície exterior a revestir: $191'61 \text{ m}^2$

Superfície exterior a pintar: $191'61 \text{ m}^2$

- La superfície interior a revestir es calcula de forma similar:

$$76 \text{ m} \times 3'46 \text{ m} = 262'96 \text{ m}^2$$

Superfície interior a revestir: $262'96 \text{ m}^2$

Superfície interior a pintar: $262'96 - 18'85 = 244'11 \text{ m}^2$

- La superfície interior a alicatar es troba de forma similar, tenint en compte que el perímetre del bany és de $12'56 \text{ m}$ i que l'altura de l'enrajolat serà d'un $1'5 \text{ m}$.

$$12'56 \text{ m} \times 1'5 \text{ m} = 18'85 \text{ m}^2$$

Superfície interior a alicatar: $18'85 \text{ m}^2$

- També es calcularà la superfície d'aïllament que s'ha d'instal·lar.

L'aïllament en placa es col·loca al terra i ocupa la mateixa superfície interior de l'edifici, que correspon a $66'55 \text{ m}^2$

Superfície d'aïllament en planxa: $66'55 \times 1'15 = 76'53 \text{ m}^2$

Per l'aïllament en feltre de l'interior de les cúpules, s'ha de tenir en compte que només s'aïllarà des de l'inici de la volta. Sabent que l'altura equivalent de les cúpules és de $3'46 \text{ m}$ i que la volta comença més o menys a 2 m d'altura obtenim que l'altura de l'aïllant si el mur fos vertical seria d' $1'5 \text{ m}$.

Superfície d'aïllament en feltre: $76 \text{ m} \times 1'5 \text{ m} = 114 \text{ m}^2$

8.4.3 Càlcul dels paviments i terres

- Per a calcular la superfície de rajola, de parquet i de solera s'utilitza una dada donada pel plànol, l'àrea interna. Es multiplica per un factor de correcció, ja que degut a que les sales son circulars, s'han d'utilitzar més rajoles del normal per adaptar la forma.

Superfície útil: $66'28 \text{ m}^2$

Factor de correcció rajoles: 1'15

Superfície menjador/sala d'estar/ dormitori doble: $12'56 \text{ m}^2$

Superfície bany/cuina: $8'3 \text{ m}^2$

- Tenint en compte les dades anteriors es calculen les superfícies d'enrajolat i pavimentació.

Sup. de solera: $77'13 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2 = 79'13 \text{ m}^2$

Sup. d'enrajolat interior: $66'28 \text{ m}^2 - 12'56 \text{ m}^2 = 53'72 \text{ m}^2 \times 1'15 = 61'78 \text{ m}^2$

Sup. d'enrajolat exterior: $10'85 \text{ m}^2 \times 1'15 = 12'48 \text{ m}^2$

Sup. empedrat: 2 m^2

Sup. parquet: $12'7 \text{ m}^2$

8.4.4 Càlcul de la partida de mur de superadobe

Degut a que el superadobe és un mètode molt recent i poc utilitzat en la construcció no es tenen pràcticament referències justificades del cost que pot tenir una construcció.

Per aquest motiu es calcula a continuació una partida de construcció de mur amb superadobe, per a estimar un cost aproximat de la partida d'estructura.

En primer lloc s'han de determinar les tasques que s'inclouen en la construcció d'un mur estructural de superadobe. També podem estimar aproximadament el temps que du cada treball. S'intentaran calcular els treballs que siguin difícils de decidir per a atribuir-los-hi un temps aproximat.

- Supòsit inicial: tasques i rendiment
 - Fer el superadobe a la formigonera i omplir cubells: Per determinar
 - Transportar i buidar els cubells: Per determinar
 - Sostenir el sac i acomodar-lo bé a la filada: 8 min/m
 - Piconar la filada: 5-6 min/m
 - Col·locar el filferro: 5-6 min/m
 - Mesurar i arreglar filades: 0'5 min/m
 - Ajudar a portar cubells: Per determinar
 - Encofrar: 10 min/encofrat (Anivellar, assegurar, treure)

- Càlcul del temps en transport de cubells:

- Temps aproximat en dur un cubell: 3 min - 5 min depenent de l'altura de la filada
- Tipus de cubell: cubell de 12 litres.

Suposem que ple fins a 10 litres, que un cop compactats es transformen en 8 litres, és a dir $0'008 \text{ m}^3$ de terra compactada cada cubell.

- Volum de terra per metre de filada: $0'1 \text{ m} \times 0'6 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} = 0'06 \text{ m}^3/\text{m}$

- N° de cubells/metre: $0'06 \text{ m}^3 / 0'008 \text{ m}^3/\text{cubell} = 7'5 \text{ cubells/metre}$

- Temps/metre: $7'5 \text{ cubells/metre} \times 4 \text{ min/cubell} = 30 \text{ min/metre}$

Tenint en compte que la persona pot dur dos cubells alhora: 15 min/m

- Càlcul del temps en fer superadobe a la formigonera

- Formigonera de 250 litres
- Temps en fer la pastada: 10 minuts

$220 \text{ litres} / 10 \text{ litres} = \text{Aproximadament } 22 \text{ cubells per pastada.}$

$22 \text{ cubells} \times 0'008 \text{ m}^3 = 0'176 \text{ m}^3 / 0'06 \text{ m}^3/\text{m} = 3 \text{ metres de filada / pastada}$

Sabent que cada pastada dura aproximadament 10 minuts i que cada pastada produeix suficient barreja com per a omplir 3 metres de filada de superadobe obtenim que:

$10 \text{ minuts} / 3 \text{ metres} = 3'3 \text{ minuts/metre} \approx 4 \text{ min/m}$

- Definició de l'equip de treball

Per tant obtenim la relació d'activitats i temps següent:

- Fer el superadobe a la formigonera i omplir cubells: 4 min/m
- Transportar i buidar els cubells: 15 min/m
- Sostenir el sac i acomodar-lo bé a la filada: 8 min/m
- Piconar la filada: 5-6 min/m
- Col·locar el filferro: 5-6 min/m
- Mesurar i arreglar filades: 0'5 min/m
- Ajudar a portar cubells: Per determinar

Arribats en aquest punt és interessant notar que un dels treballs condiciona tots els altres. Transportar els cubells costa 15 minuts/metre. En canvi un altre treball és molt ràpid ja que mesurar i arreglar les filares tan sols suposa 0'5 minuts/metre.

Per tant una opció lògica és utilitzar la persona encarregada de mesurar i arreglar les filades per ajudar a transportar cubells, ja que el seu treball no implica gaire temps.

Així doncs es pot establir la següent relació:

- 15 minuts per metre entre una persona.
- Entre dos persones 7'5 min/m cadascuna

El repartiment de tasques i els temps queden de la següent forma:

- Fer el superadobe a la formigonera i omplir cubells: 4 min/m
- Transportar i buidar els cubells: 8 min/m
- Sostenir el sac i acomodar-lo bé a la filada: 8 min/m
- Piconar la filada: 5-6 min/m
- Col·locar el filferro: 5-6 min/m
- Mesurar i arreglar filades / ajudar a portar cubells: 8 min/m

- Concretament, les tasques consisteixen en el següent:

Fer el superadobe i omplir cubells: consisteix en fer pastades de superadobe a la formigonera, utilitzant aigua, terra seleccionada i calç aèria. Un cop feta abocar la barreja en un carretó i omplir els cubells amb la barreja del carretó.

Transportar i buidar els cubells: consisteix en agafar els cubells, de dos en dos, de la zona de formigonat i dur-los fins al punt d'ompliment. Un cop allí abocar-los al sac i tornar a la formigonera per a repetir el procés.

Sostenir el sac i acomodar bé la filada: consisteix en sostenir el sac mentre l'altra persona buida els cubells a dins. Un cop buidats ha d'acomodar el sac correctament a la filada per anar donant-li curvatura i per a que no quedin espais sense terra.

Piconar la filada: consisteix simplement en compactar la filada que els companys van creant de forma que la filada quedi en un estat adequat.

Col·locar el filferro: consisteix en posicionar dues tires de filferro al llarg de la filada. La tasca s'ha de dur a terme un cop el company anterior ha piconat la zona.

Mesurar i arreglar filades / ajudar a portar cubells: és una tasca de suport, que consisteix en ajudar a la persona que porta els cubells, ja que és la que condiciona els treballs. D'aquesta forma la resta de l'equip no s'ha d'estar esperant durant massa estona.

Aquesta persona també s'encarregarà d'anar mesurant les filades amb les cadenes per assegurar que la curvatura i el diàmetre de l'estructura són els adequats i en cas contrari col·locar correctament la filada.

Com que les tasques es poden fer en paral·lel es pot utilitzar a 6 persones alhora per a treballar. Això suposaria dos grups d'1 Oficial de 1^{era} + 2 Peons, és a dir 2 Oficials de 1^{era} i 4 peons.

- Càlcul del preu de la mà d'obra i la maquinària

Per assegurar els càlculs es suposa que l'equip de treball duu un ritme total de 10 minuts/metre és a dir 0'17 hores/metre

Preu del l'Oficial: 18'37 €/h

Preu del Peó: 16'43 €/h

Preu formigonera: 2'87 €/h

$18'37 \text{ €/h} \times 0'17 \text{ h/m} = 3'12 \text{ €/m}$

$3'12 \text{ €/m} \times 2 = 624 \text{ €/m}$

$16'43 \text{ €/h} \times 0'17 \text{ h/m} = 2'79 \text{ €/m}$

$2'79 \text{ €/m} \times 4 = 1117 \text{ €/m}$

$2'87 \text{ €/h} \times 0'17 \text{ h/m} = 0'49 \text{ €/m}$

- Cost per metre lineal de la mà d'obra: 17'90 €/m
- Longitud del mur de superadobe en la base: 65'25m
- Altura equivalent: 34'6 filades
- Longitud total aproximada de la construcció: 65'25 m x 34'6 filades = 2257'65 m
- Cost total de la mà d'obra: 17'90 €/m x 2257'65 m = 40411'93 €

- Càlcul del preu dels materials

- Preu de terra seleccionada: 10 €/m³

- Preu calç aèria CL90: 0'09 €/kg

- Volum de terra comprada: 118'4 m³

- Volum de terra gratuïta: 3'6 m³

Preu total de terra crua importada a l'obra: $118'4 \text{ m}^3 \times 10 \text{ €/m}^3 = 1184 \text{ €}$

Preu total de la terra aprofitada del terreny: $3'6 \text{ m}^3 \times 10 \text{ €/m}^3 = 36 \text{ €}$ estalviats

Volum de calç aèria: $13'5 \text{ m}^3 = 13500 \text{ dm}^3$

Densitat mitja de la calç aèria: 800 g/dm³

Pes total de calç aèria: 10800 kg

Preu total de la calç aèria: $10800 \text{ kg} \times 0'09 \text{ €/kg} = 972 \text{ €}$

Preu del filferro (2 línies): 0'18 €/m

Preu sac continu: 0'5 €/m

Preu total del filferro: 2257'65 m x 2 línies x 0'18 €/m = 812'75 €

Preu total del sac continu: 2257'65 m x 0'5 €/m = 1128'82 €

Cost total dels materials:

1184 € + 972 € + 812'75 € + 1128'82€ = 4097'57 + 10% = **4507'33€**

- Resultats:

Cost total de la partida: 40411'93 €+ 4507'33 € = 44919'26 €

Repercussió per metre de filada: 44919'26 € / 2257'65 m = 19'89 €/m

Repercussió per metre lineal: 44919'26 € / 40 m = 1122'98 €/m

Repercussió per metre quadrat construït: 44919'26 € / 102'43 m² = 438'54 €/m²

Quantitat de treball: 0'17 h/m x 2257'65 m = 383'8 h + 5% = 400h

Ritme de treball total: 2257'65m/420h = 5'35m/h

8.4.5 Comprovació de la transmitància tèrmica

- Gruix mínim del mur de superadobe

Per a comprovar si un edifici de superadobe compleix el CTE en l'aspecte tèrmic dels murs, es fa la comprovació en base al CTE-HE de la transmitància dels murs.

El mur proposat solament conté tres capes: un revestiment exterior de morter de calç, de 2 cm de gruix, una capa intermèdia formada pels sacs de terra, de gruix per determinar, i una capa de revestiment interior d'enlluït d'argila de 2cm de gruix.

En primer lloc es comprova quin hauria de ser el gruix mínim del mur de superadobe per adequar-se a la normativa, en cas de no utilitzar cap tipus de capa aïllant alternativa.

En segon lloc s'estableixen els coeficients de conductivitat tèrmica de les capes que s'han mencionat, incloent la de possible aïllament:

λ , coeficient de conductivitat tèrmica	
Material	W/m·K
Revestiment exterior de morter de calç	0'87
Mur de sacs de terra (superadobe)	0'60
Aïllant tèrmic de llana de vidre	0'035
Revestiment interior d'argila	0'93

Figura 222. Taula de coeficients de conductivitat tèrmica⁷⁵

Calculem les resistències tèrmiques a partir del coeficient de conductivitat tèrmica i del gruix de la capa:

S'ha establert un gruix "X" per la capa de superadobe.

$$R_{t1} (\text{Revestiment de morter de calç}) = 0'02 \text{ m} \times (1/0'87) = 0'023$$

$$R_{t2} (\text{Murs de sac de terra}) = "X" \text{ m} \times (1/0'6) = 1'67X$$

$$R_{t3} (\text{Revestiment d'argila}) = 0'02 \text{ m} \times (1/0'93) = 0'022$$

A aquestes resistències tèrmiques s'hi ha de sumar la resistència tèrmica superficial del mur, que segons el DB-HE son:

Per a tancaments verticals: 0'17

Per a tancaments horitzontals amb flux descendent (sostres): 0'21

La resistència tèrmica total és:

$$RT = R_{t1} + R_{t2} + R_{t3} + R_s$$

$$RT = 0.023 + 1'66X + 0.022 + 0,17 = (0'215 + 1'67X) \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

Sabent que la transmitància tèrmica màxima que permet el DB-HE és de 0'66 W/m²·K podem extreure quin ha de ser el gruix mínim del mur de superadobe.

$$U = 1 / RT = 1 / (0'215 + 1'67X) = 0'66 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

Resolent l'equació obtenim que X ha de ser de 0'78m. És a dir, el gruix del mur de superadobe ha de ser de mínim 78cm.

⁷⁵ F. Javier Neila (2004). "Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible". Ed. Munillalera

Aquesta proporció és desmesurada, així que introduïrem aïllament per tal de complir el DB-HE amb un gruix de mur de com a màxim 60cm.

Degut a que els resultats obtinguts en l'anterior càlcul demostren que el mur necessitaria algun aïllament tèrmic alternatiu, s'ha proposat una solució que consisteix en implementar aïllament per la cara interior del mur, amb llana de vidre flexible.

A continuació es compararan els resultats amb aïllament per a poder comprovar si afegint una capa de material aïllant es poden salvar les dificultats normatives que sorgeixen a l'apartat anterior.

El càlcul és similar al del cas anterior, simplement s'introdueix el nou material al gruix del mur:

- Coeficient tèrmic de la llana de vidre: $0'035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- Aquest cop s'utilitzarà un mur predefinit de 60 cm de gruix.
- S'establirà un gruix "X" per la capa de d'aïllament.

$$R_{t1} (\text{Revestiment de morter de calç}) = 0'02 \text{ m} \times (1/0'87) = 0'023$$

$$R_{t2} (\text{Capa aïllant de llana de vidre}) = "X" \text{ m} \times (1/0'035) = 28'57x$$

$$R_{t3} (\text{Murs de sac de terra}) = 0'6 \text{ m} \times (1/0'6) = 1$$

$$R_{t4} (\text{Revestiment d'argila}) = 0'02 \text{ m} \times (1/0'93) = 0'022$$

Al mur exterior:

$$RT = R_{t1} + R_{t2} + R_{t3} + R_{t4} + R_s$$

$$RT = 0'023 + 1 + 0'022 + 28'57x + 0'17 = (1'215 + 28'57x) \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$U = 1 / RT = 1 / (1'215 + 28'57x) = 0'66 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

Obtenim un gruix necessari d' 1cm, així que s'opta per un mur de superadobe de 60 cm de gruix i aïllament de llana de vidre en feltre de 3 cm de gruix.

Al sostre:

$$RT = R_{t1} + R_{t2} + R_{t3} + R_{t4} + R_s$$

$$RT = 0'023 + 1 + 0'022 + 28'57x + 0'21 = (1'255 + 28'57x) \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$U = 1 / RT = 1 / (1'255 + 28'57x) = 0'38 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

Obtenim un gruix necessari de 4'8 cm, així que s'opta per un mur de superadobe de 60 cm de gruix i aïllament de llana de vidre en feltre de 5 cm de gruix.

- Comparació amb altres sistemes

Per a extreure conclusions sobre el sistema de construcció superadobe, és important tenir referències. Per aquest motiu s'analitzarà el preu dels dos sistemes constructius més freqüents: estructura de formigó armat i estructura de ceràmica estructural.

Per a establir una comparació objectiva, s'ha dissenyat una estructura rectangular de 10x10 metres, que encaixa amb l'estructura del nostre edifici en quant a superfície i perímetre.

Per equiparar el preu a l'estructura de superadobe s'ha de tenir en compte que el superadobe fa la funció estructura + tancament + sostre.

- Estructura de formigó armat

Estructura: 9 Pilars

Superfície: 102'43 m²

Perímetre: 40 m

Partida	Preu Unitari	Amidament	Preu Total
Pilar rectangular o quadrat de formigó armat, realitzat amb formigó HA-25/B/20/IIa fabricat en central, i abocada amb cubilot, i acer UNE-EN 10080 B 500 S, quantia 120kg/m ³ ; muntatge i desmuntatge del sistema d'encofrat de xapes metàl·liques reutilitzables, fins a 3m d'alçada lliure i 30x30 cm de secció mitja.	407'90€/m ³	0'189 m ³	77'09€
Estructura de formigó armat, realitzada amb formigó HA-25/B/20/IIa fabricat en central, i abocada amb cubilot, volum total de formigó 0,143m ³ /m ² , i acer UNE-EN 10080 B 500 S amb una quantia total de 11kg/m ² , sobre sistema d'encofrat continu, constituïda per: forjat unidireccional, horitzontal, de cantell 30 = 25+5 cm; semi-bigueta pretensada; revoltó de formigó, 60x20x25 cm; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compressió; bigues planes; alçària lliure de planta de fins a 3 m. Sense incloure repercussió de pilars.	69'35€/m ²	102'43 m ²	7103'52€
Coberta plana no transitable, no ventilada, amb grava, tipus convencional, pendent del 1% al 5%, composta de: formació de pendents: argila expandida de 350 kg/m ³ de densitat, abocada en sec i consolidada en la seva superfície amb beurada de ciment, amb espessor medi de 10 cm; aïllament tèrmic: panell d'escuma de poliisocianurat soldable, de 40 mm d'espessor; impermeabilització monocapa adherida: làmina de betum modificat amb elastòmer SBS, LBM(SBS)-40/FP (140), totalment adherida amb bufador; capa separadora sota protecció: geotèxtil de fibres de polièster (200 g/m ²); capa de protecció: 10 cm de còdol de 16 a 32 mm de diàmetre.	62'97€/m ²	102'43 m ²	6450'01€
Tancament d'obra de fàbrica ceràmica per a revestir de dos fulls, full principal exterior de paret recolzada de 14 cm de gruix de totxana de 290x140x100 mm, col·locat amb morter elaborat a l'obra, cambra d'aire, element separador amb tira de poliestirè expandit, aïllament amb planxes de poliestirè expandit EPS, de tensió a la compressió 30 kPa, de 40 mm de gruix i full interior format per envà amb morter elaborat a l'obra de 4 cm de gruix de maó foradat senzill de 290x140x40 mm, en tram central. C1+J1+B2/B3 segons CTE/DB-HS.	51'37€/m ²	84'00 m ²	4315'08€

Preu Total: 17945'70 €

Repercussió: 17945'70 €/102'43 m² = 175'20 €/m²

- Estructura de ceràmica estructuralSuperfície: 102'43 m²

Perímetre: 40 m

Partida	Preu Unitari	Amidament	Preu Total
Mur de càrrega, d'1 peu d'espessor de fàbrica, de maó ceràmic calat (gero), per revestir, 29x14x5 cm, rebuda amb morter de ciment M-5.	52'17€/m ²	84'00 m ²	4382'28€
Estructura de formigó armat, realitzada amb formigó HA-25/B/20/IIa fabricat en central, i abocada amb cubilot, volum total de formigó 0,143m ³ /m ² , i acer UNE-EN 10080 B 500 S amb una quantia total de 11kg/m ² , sobre sistema d'encofrat continu, constituïda per: forjat unidireccional, horitzontal, de cantell 30 = 25+5 cm; semi-bigueta pretensada; revoltó de formigó, 60x20x25 cm; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compressió; bigues planes; alçària lliure de planta de fins a 3 m. Sense incloure repercussió de pilars.	69'35€/m ²	102'43 m ²	7103'52€
Coberta plana no transitable, no ventilada, amb grava, tipus convencional, pendent del 1% al 5%, composta de: formació de pendents: argila expandida de 350 kg/m ³ de densitat, abocada en sec i consolidada en la seva superfície amb beurada de ciment, amb espessor medi de 10 cm; aïllament tèrmic: panell d'escuma de poliisocianurat soldable, de 40 mm d'espessor; impermeabilització monocapa adherida: làmina de betum modificat amb elastòmer SBS, LBM(SBS)-40/FP (140), totalment adherida amb bufador; capa separadora sota protecció: geotèxtil de fibres de polièster (200 g/m ²); capa de protecció: 10 cm de còdol de 16 a 32 mm de diàmetre.	62'97€/m ²	102'43 m ²	6450'01€
Aïllament amb placa rígida de llana de vidre per a aïllaments (MW) UNE-EN 13162 de gruix 30 mm, amb una conductivitat tèrmica ≤ 0,035 W/mK, resistència tèrmica ≥ 0,85714 m ² .K/W, col·locat amb morter adhesiu	5'28€/m ²	84'00 m ²	443'52€

Preu Total: 18379'33 €

Repercussió: 18379'33€ / 102'43 m² = 179'43 €/m²

8.5 Pressupost de l'apartat 5

8.5.1 Pressupost de les partides

CONDICIONAMENT DEL TERRENY I ESTRUCTURA	UNIT.	DESCRIPCIÓ PARTIDA	PREU UNITARI	MEDICIÓ	P. TOTAL (€)
	m ²	Esbossada i neteja del terreny, fins a una profunditat mínima de 15 cm, amb mitjans mecànics, retirada dels materials excavats i càrrega a camió, sense incloure transport a l'abocador autoritzat.	0,46	200,00	92,00
	m ³	Desmunt de terra, fent servir mitjans mecànics.	2,00	3,00	6,00
	m ³	Transport de terres amb camió a abocador específic, instal·lació de tractament de residus de construcció i demolició externa a l'obra o centre de valorització o eliminació de residus, situat a una distància no limitada.	5,35	10,00	53,50
	m ³	Excavació en rases per a fonamentacions en terra d'argila semidura, amb mitjans mecànics, retirada dels materials excavats i acopi en obra dels mateixos.	19,87	15,00	298,05
	m ³	Sabata de fonamentació de formigó en massa, realitzada amb formigó HM-20/B/20/I fabricat en central i abocada des de camió.	54,96	15,00	824,40
	m	Col·lector soterrat en fonamentació, sense arquetes, mitjançant sistema integral enregistrable, de PVC llis, sèrie SN-4, rigidesa anular nominal 4 kN/m ² , de 110mm de diàmetre, amb junta elàstica.	8,50	14,50	123,25
	m ²	Solera de formigó HM-20/P/20/I, de 15 cm de gruix, capa drenant amb grava de pedrera de 50 a 70 mm de D, capa filtrant amb geotèxtil de polipropilè. C2+D1 segons CTE/DB-HS.	27,76	79,13	2196,65
	m	Mur de superadobe de 60 cm d'ample un cop omplert i compactat de forma manual amb un coeficient de 1'10, de sac de polipropilè replè de terra estabilitzada amb calç, amb doble línia de filferro entre filada, de més de 3m d'altura.	19,89	2257,65	44904,66
	m ³	Subministrament de terra adequada d'aportació	5,92	118,40	700,93

INSTAL·LACIONS	Ut.	Connexió de servei de l'edifici a la xarxa general de sanejament del municipi.	157,18	1,00	157,18
	m	Connexió de servei general de sanejament a la xarxa general del municipi, de PVC llis, sèrie SN-4, rigidesa anular nominal 4 kN/m ² , de 125mm de diàmetre, enganxat mitjançant adhesiu.	47,36	1,50	71,04
	Ut.	Termos elèctric per al servei d'A.C.S., resistència embeïnada d'esteatita, capacitat 150 l, potència 1800 W, ajust de temperatura de 30°C a 80°C, de 500 mm de diàmetre i 1272 mm d'alçada.	348,07	1,00	348,07
	Ut.	Presa de terra independent de profunditat, mètode piqueta de presa de terra, amb un elèctrode d'acer courat de 1,5 m de longitud.	134,83	1,00	134,83
	Ut.	Instal·lació elèctrica interior d'un pis de 90 m ² amb grau d'electrificació bàsic i 5 circuits, sense ajudes de ram de paleta.	1573,25	1,00	1573,25
	Ut.	Escomesa soterrada d'abastiment d'aigua potable de 2m de longitud, formada per tub de polietilè PE 100, de 32 mm de diàmetre exterior, PN=10 atm i 2mm de gruix i clau de tall situada en arqueta prefabricada de polipropilè.	193,08	1,00	193,08
	Ut.	Instal·lació de lampisteria interior d'un pis de 90 m ² de superfície, sense ajudes de ram de paleta	872,99	1,00	872,99
	Ut.	Conjunt de col·lectors per a terra radiant de llautó, amb element impulsor amb detentor, element de retorn amb vàlvules termostatzables, amb tres sortides per a tub de 16 mm de diàmetre nominal, amb vàlvules, ràcords i elements de muntatge necessaris, col·locat amb fixacions murals i connectat	205,92	1,00	205,92
	m	Escomesa per a instal·lació de lampisteria amb tub de coure semidur de diàmetre 54 mm i 1,2 mm de gruix, pintat amb 1 capa d'imprimació fosfatant i 2 d'acabat, soterrat enrasat amb el paviment, de 20x30cm, de maó foradat senzill de 290x140x40mm sobre solera de formigó de 10cm de gruix, reblert i compactació dels espais entre els elements.	55,09	2,00	10,18
	Ut.	Reixeta de plàstic, amb lamel·les horitzontals fixes, sortida d'aire perpendicular per ventilació natural.	17,10	2,00	34,20

TERRES I PAVIMENTS	m ²	Enrajolat de rajoles ceràmiques de gres esmaltat, de 40x40cm, rebudes amb adhesiu de ciment d'interiors, color gris amb doble encolat, i rejuntades amb beurada de ciment blanc, L, BL-V 22,5, per a junta mínima (entre 1,5 i 3 mm), acolorida amb la mateixa tonalitat de les peces.	22,51	61,78	1390,67
	m ²	Empedrat de llosetes de pedra natural, per a exteriors, acabat tosquejat, de color grisenc, rebudes amb morter de ciment, amb sorra de molla M-5 amb junta tosca feta amb morter de calç, de color beix.	50,63	2,00	101,26
	m ²	Paviment laminat de lamel·les de 120x19 cm, emboetades amb adhesiu, col·locades sobre làmina d'escuma de polietilè d'alta densitat de 3 mm d'espessor.	17,29	12,70	219,58
	m ²	Paviment de rajoles ceràmiques de gres rústic, de 30x30cm, 8€/m ² , rebudes amb morter de ciment M-5 de 3cm de gruix i rejuntades amb beurada de ciment blanc, L, BL-V22,5, per a junta mínima (entre 1'5 i 3 mm), amb la mateixa tonalitat que les peces.	19,68	12,48	245,61
REVESTIMENTS I AÏLLAMENTS	m ²	Revestiment base Ecoclay d'argila a bona vista, sobre parament vertical, de més de 3 m d'alçada, prèvia col·locació de malla plàstica, de 2mm d'espessor.	9,38	262,96	2466,56
	m ²	Enlluït d'acabat Ecoclay d'argila d'aplicació en capa, en una superfície prèviament guarnida, sobre parament vertical, de més de 3 m d'alçada, acabat lliscat.	1,88	244,11	458,93
	m ²	Alicatat amb gres esmaltat, 1/0/-/-, 20x20cm, 8 €/m ² , amb les peces disposades a cartabó, col·locat sobre una superfície suport d'argila, en parament interior, mitjançant adhesiu de ciment normal, C1, blanc, sense junt (separació entre 1,5 i 3 mm); Sense cantoneres.	27,08	18,85	510,46
	m ²	Aïllament amb feltre de llana de vidre per aïllaments (MW), segons UNE-EN 13162, de gruix 50 mm, amb una conductivitat tèrmica $\leq 0,036$ W/mK, resistència tèrmica $\geq 1,389$ m ² .K/W col·locat amb fixacions mecàniques	6,19	179,10	1108,63
	m ²	Aïllament amb placa rígida de llana de vidre per a aïllaments (MW) UNE-EN 13162 de gruix 30 mm, amb una conductivitat tèrmica $\leq 0,035$ W/mK, resistència tèrmica $\geq 0,85714$ m ² .K/W, col·locat amb morter adhesiu.	5,28	76,53	404,08

MOBILIARI BÀSIC	Ut.	Moble per a lavabo encastrat al taulell, de 200 cm de llargària, tipus recolzat a terra, amb 3 calaixos i de 85 cm d'alçària, recolzat a terra	692,89	1,00	692,89
	Ut.	Inodor de porcellana sanitària, amb tanc baix, sèrie bàsica, color blanc; lavabo de porcellana sanitària, de semiencastrar, sèrie bàsica, color blanc, de 650x515mm amb conjunt d'aixetes monocomandament, acabat cromat, amb airejador; plat de 75x75cm, amb joc de desguàs proveïda de conjunt d'aixetes monocomandament sèrie bàsica, acabat cromat.	674,53	1,00	674,53
	Ut.	Mampara per a plat de dutxa rectangular.	109,58	1,00	109,58
	Ut.	Porta-rotlles de paper higiènic domèstic, d'acer inoxidable AISI 304, color crom.	19,73	1,00	19,73
	Ut.	Penjador per a bany, d'acer inoxidable AISI 304, color crom.	9,66	1,00	9,66
	Ut.	Taulell d'aglomerat de quars blanc, acabat polit, de 350cm de longitud, 60cm d'amplada i 2cm de gruix, cantell simple recte, amb les vores lleugerament bisellades, formació de 1 buit amb els seus cantells polits, i cimal perimetral de 5 cm d'alçada i 2 cm de gruix, amb la vora recte.	419,48	1,00	419,48
	Ut.	Moblament de cuina amb 3,5m de mobles baixos amb sòcol inferior i 2 m de mobles alts, acabat laminat amb front de 18 mm de gruix laminat per ambdues cares, cantells verticals post-formats (R.4), cantells horitzontals en ABS de 1,5 mm de gruix.	1163,75	1,00	1163,75
	Ut.	Aigüera d'acer inoxidable de 1 cubeta, de 450x490 mm, amb aixetes monocomandament sèrie bàsica acabat cromat, amb airejador.	150,33	1,00	150,33
	Ut.	Placa vitroceràmica per taulell de cuina, polivalent bàsica.	316,93	1,00	316,93
	Ut.	Forn elèctric convencional	181,09	1,00	181,09

FUSTERIES I VIDRIERIES	Ut.	Porta d'entrada de 203x92,5x4cm, fulla de tauler aglomerat directe, envernissada en taller, de pi país, amb motllura provençal; bastiment de base de pi país de 200x40 mm; galzes massissos de pi país de 200x20mm; tapajunts massissos de pi país de 70x10mm.	285,00	1,00	285,00
	Ut.	Porta de pas cega, d'una fulla de 203x82,5x3,5cm, de tauler aglomerat directe, envernissada en taller, de pi país, model amb motllura recta; bastiment de base de pi país de 90x35 mm; galzes de MDF, amb rexapat de fusta, de pi país de 90x20mm; tapajunts de MDF, amb rexapat de fusta, de pi país de 70x10mm; amb ferraments de penjar i de tanca.	172,51	4,00	690,04
	Ut.	Balconera de fusta, col·locada sobre bastiment de base, amb dues fulles corredisses, per a un buit d'obra aproximat de 150x220 cm, classificació mínima 3 de permeabilitat a l'aire segons UNE-EN 12207, classificació mínima 3A d'estanquitat a l'aigua segons UNE-EN 12208 i classificació mínima C4 de resistència al vent segons UNE-EN 12210, sense persiana.	483,80	1,00	483,80
	Ut.	Fusteria exterior de fusta de pi melis per envernissar, de 100x80cm, sense persiana.	421,51	5,00	2107,55
	Ut.	Claraboia circular fixa de metacrilat, de 60cm de diàmetre, translúcida, amb sòcol circular, cargolada sobre parament.	131,14	4,00	524,56

8.5.2 Pressupost total

PARTIDA	PERCENTATGE	PRESSUPOST
TERRENY I ESTRUCTURA	72,85%	49199,44€
INSTAL·LACIONS	5,33%	3600,74€
TERRES I PAVIMENTS	2,89%	1957,12€
REVESTIMENTS I AÏLLAMENTS	7,32%	4948,66€
MOBILIARI BÀSIC	5,53%	3737,97€
FUSTERIES I VIDRIERIES	6,08%	4090,95€
TOTAL PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL		67.534,88€
+ Despeses Generals d'Empresa (13 %)		8.779,53€
+ Benefici Industrial (6%)		4.052,09€
PRESSUPOST D'EXECUCIÓ D'EMPRESA		80.366,50€
+ Impost Sobre el Valor Afegit (21%)		16.751,76€
PRESSUPOST D'EXECUCIÓ PER CONTRACTE		97543,47€

8.6 Plànols de l'apartat 5

1. Plànol d'alçats: nord i oest
2. Plànol de planta coberta
3. Plànol d'axonomètrics en quatre perspectives
4. Plànol de distribució
5. Plànol de seccions: transversal i longitudinal
6. Plànol de replanteig
7. Plànol de fonamentació
8. Plànol de secció constructiva: mur amb terrassa
9. Plànol de secció constructiva: cúpula amb lluernari
10. Plànol de secció constructiva: mur interior amb porta de pas
11. Plànol de secció constructiva: mur exterior amb terrassa